



Projet CFC/IGG - (FIGG/02)

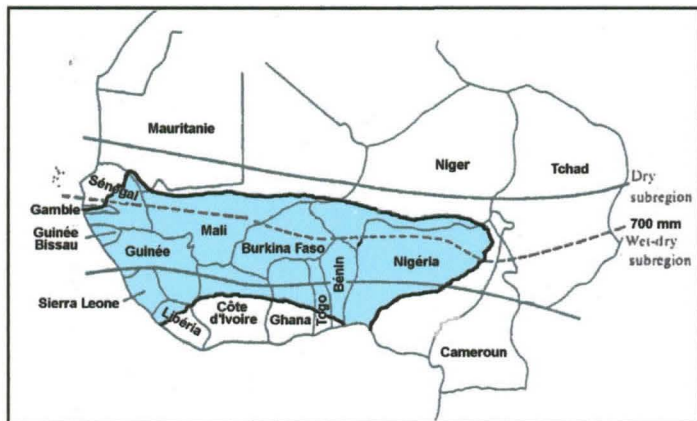
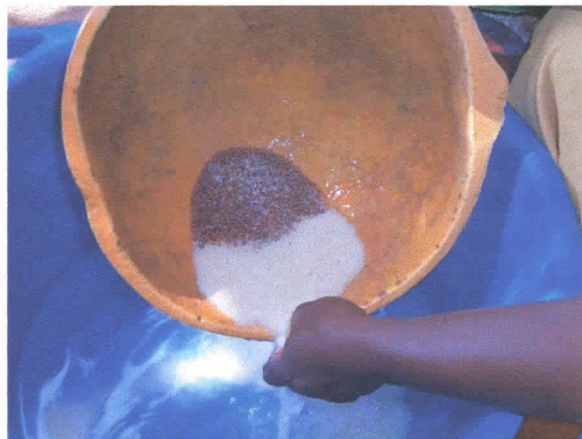
Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio

CIRAD-IER-IRAG-IRSAT



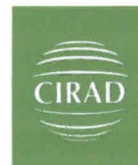
Rapport Annuel

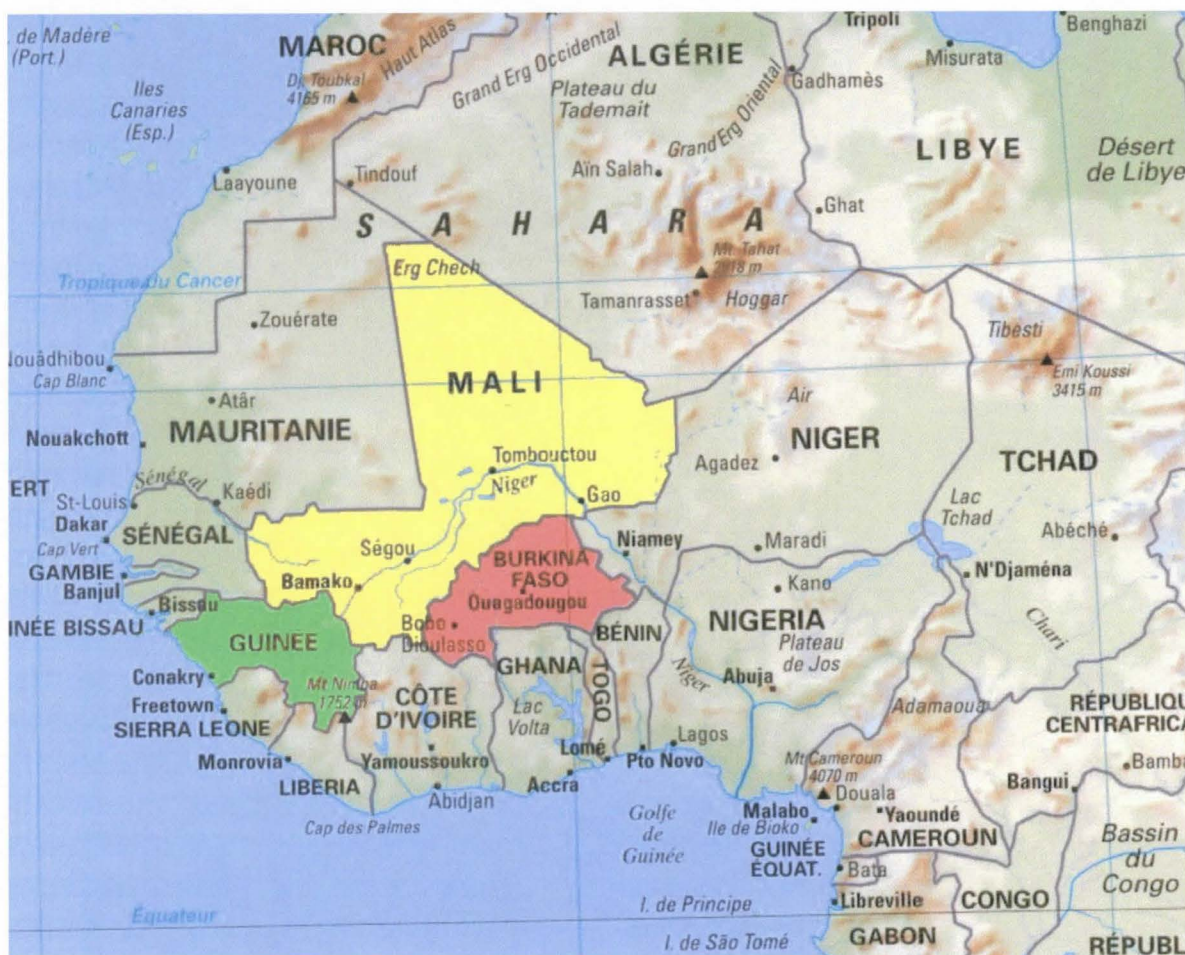
(juillet 2000 à juillet 2001)



CRUZ Jean-François (CIRAD)
DRAME Djibril (IER)
DIALLO Thierno Alimou (IRAG)
SON Gouyahali (IRSAT)

N°4/01- Septembre 2001





Projet CFC/IGG - (FIGG/02)

Amélioration des Technologies Post-récolte du FONIO CIRAD-IER-IRAG-IRSAT

Rapport annuel n°2 (juillet 2000 à juillet 2001)

CRUZ Jean-François (CIRAD): Coordonnateur Régional du projet
 DRAME Djibril (IER) : Coordonnateur National du projet au Mali
 DIALLO Thierno (IRAG): Coordonnateur National du projet en Guinée
 SON Gouyahali (IRSAT) : Coordonnateur National du projet au Burkina

Septembre 2001

SOMMAIRE

	Pages
I- INTRODUCTION	2
II) ETAT D'AVANCEMENT DES ACTIVITES	2
2.1. Rappel de la Réunion de coordination n°2 à Labé (GUINEE),	2
2.2. Inventaire des pratiques existantes (activité n°2)	3
2.3. Catalogage des variétés (activité n°3)	3
2.4. Etude des caractéristiques technologiques (activité n°4)	5
2.4.1. Développement des activités à l'IER.	5
2.4.2. Etudes des caractéristiques du fonio	6
2.5. Etude des recettes culinaires et utilisations traditionnelles du fonio (activité n°5)	8
2.6. Principes susceptibles d'être appliqués au post-récolte du fonio (activité n°6)	9
2.7. Essais-évaluation des équipements actuels (activité n°7)	9
2.7.1. Battage	9
2.7.2. Nettoyage – vannage	10
2.7.3. Décorticage/blanchiment	10
2.7.4. Séchage	15
2.8. Etude des systèmes de distribution et commercialisation du fonio (activité n°8)	17
2.9. Etude de la consommation (activité n°9)	20
2.9.1. Synthèse régionale	20
2.9.2. Enquête de consommation ("enquête 150 ménages")	20
2.10. Formation complémentaire des partenaires du projet (activité n°10)	21
2.10.1. Formation dans le cadre du projet	21
2.10.2. Formation sur financement extérieur	21
2.11. Réunion de coordination n°2 en Guinée (activité n° 11)	22
2.12. Choix des équipements (activité n° 12)	22
2.13. Amélioration et conception d'équipements (activité n° 13)	23
2.13.1. Décorticage/blanchiment	23
2.13.2. Nettoyage vannage	24
2.13.3. Lavage	26
2.14. Essais des matériels au stade pilote (activité n° 14)	27
2.14.1. Battage.	27
2.14.2. Décorticage	28
2.15. Etude de nouveaux produits et de nouveaux conditionnements (activité n° 15)	29
2.16. Evaluation des marchés d'exportation (activité n° 16)	29
2.17. Réunion de coordination n°3 au Burkina Faso	31

III) ACTIVITE PARTICULIERE : "FONIO ET DIABETE" 31

3.1. Etude réalisée en 2000 31

3.2. Activité menée en 2001 32

CONCLUSIONS 34

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des rapports édités au cours de l'année 2

Annexe 2 : Protocoles de laboratoire

Annexe 3 : Isotherme d'adsorption du fonio

Annexe 4 : Recettes à base de fonio

Annexe 5 : Liste des principales personnes impliquées dans le projet



I- INTRODUCTION

Ce second rapport annuel rend compte de l'état d'avancement du projet à l'issue de la seconde année (juillet 2000 à juillet 2001) en présentant les activités menées depuis la réunion annuelle de coordination de Labé (Guinée) en mai/ juin 2000. Il reprend et complète le rapport semestriel de février 2001 en intégrant les différentes études réalisées par les partenaires du projet au Mali, en Guinée, au Burkina et au CIRAD de Montpellier.

II) ETAT D'AVANCEMENT DES ACTIVITES

2.1. Rappel de la Réunion de coordination n°2 à Labé (GUINEE)

La deuxième Réunion Annuelle de Coordination du projet s'est tenue à Labé (Guinée) du 29 mai au 2 juin 2000.

Elle a rassemblé

- des représentants du CFC : M. A. KULESHOV Project Manager et Mme Z. DIALLO Gouverneur CFC en Guinée.

- La Direction Générale de l'IRAG, Institution organisatrice, représentée par M. DIALLO M. Aliou K. Directeur du CRA Bareng et M. DIALLO I. Tanou, Coordonnateur Scientifique du CRA Bareng,

- Les différents coordonnateurs du projet : M. F TROUDE (CIRAD), Coordonnateur Général et M. J.F. CRUZ (CIRAD-Mali), Coordonnateur Régional. M. D. DRAME (IER) Coordonnateur National au Mali, M. T.A. DIALLO (IRAG) Coordonnateur National en Guinée et M. B.DIAWARA, Chef du Département Technologie Alimentaire de l'IRSAT représentant le Coordonnateur National au Burkina-Faso, absent.

- Des représentants des différentes équipes de Recherche

- Des représentants du comité de suivi du projet pour la Guinée (Mme DIALLO Habiba et M. DIALLO Mamadou).

Lors de la réunion, les différentes équipes de Recherche ont présenté les principaux résultats obtenus au cours de l'Année I. Ces résultats sont consignés dans le premier rapport annuel de synthèse :

CRUZ J.F., DRAME D., DIALLO T et SON G. Projet CFC/IGG : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. Rapport Annuel. IER, IRAG, IRSAT, CIRAD. Juillet 2000. Bamako, Mali. 36 p + annexes

Le programme de travail de l'Année II a été précisé et les principaux points abordés ont fait l'objet d'un Mémoire technique et d'un rapport :

TROUDE F., CRUZ J.F., MAROUZE C., 2000. Compte Rendu de la Réunion de Coordination N°2 à Labé (Guinée). Projet CFC Amélioration des Technologies Post-récolte du FONIO. CIRAD. Montpellier. 16p + annexes

2.2. Inventaire des pratiques existantes (activité n°2)

Cette activité, aujourd'hui terminée, a été réalisée au cours de l'année 1 et les principaux résultats sont consignés dans les rapports spécifiques par pays :

Au Mali :

DRAME D., BERTHE A., CISSE O., KERGNA A.O. 2000. Projet CFC Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio. Rapport de l'activité n°2 : Inventaire des pratiques existantes. IER/LTA/ECOFIL. Bamako. Mali. 8p.

En Guinée

SACKO S., LOUA F.J., DIALLO T.A., KOUYATE S. 2000. Projet CFC Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio. Typologie des techniques post-récolte existantes. IRAG. CRA Bareng. Guinée.

Au Burkina Faso :

SON G., KAMBOU S.M., OUEDRAOGO B., MEDA L.. 2000. Projet CFC Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio. Rapport d'inventaire des pratiques sur la production du fonio. IRSAT. Département Mécanisation. Ouagadougou. Burkina. 18p + annexes.

Le rapport de synthèse régionale de l'activité n° 2 est en cours de rédaction.



Cliché : P. THAUNAY (CIRAD)

Fig. 1. Décorticage traditionnel du fonio

2.3. Catalogage des variétés (activité n°3)

L'IRAG en Guinée est le leader de cette activité.

De mai à novembre 2000, une collection d'observation de 60 échantillons de fonio (26 de Guinée et 34 du Mali) avait été installée dans le domaine expérimental du centre IRAG de Bareng au Fouta Djallon (Guinée).

Le traitement des données recueillies lors de l'expérimentation a permis de fournir les résultats suivants :

Pour toutes les variétés, la durée de la levée varie de 7 à 9 jours avec un maximum sur les variétés d'origine malienne à cause de l'effet du photopériodisme (Fonhon, Npongo) Ces deux variétés ont été parmi les plus tardives dans les conditions de l'essai. D'autres comme Kansambaran et Kansangara ont végété dans des conditions particulièrement difficiles (mauvaise levée, flétrissement au stade végétatif et brûlure à la montaison) et n'ont pas été récoltées. Un second groupe, victime des mêmes aléas, a donné un faible rendement 500 kg/ha en moyenne.

La durée du cycle obéit aux mêmes écarts observés à la levée entre les variétés ; il varie entre 90 et 105 jours.

Le développement végétatif reste appréciable : les hauteurs des plants varient de 50 à 70 cm, un tallage satisfaisant a été noté surtout pour les variétés tardives.

L'aspect des panicules présente des types de ramifications de 2 à 3 doigts de 12 cm pour une longueur moyenne de 25 cm par panicule.

Les rendements ont été très variables entre les variétés à cause des attaques et des difficultés de végétation dont ont été victimes bon nombre d'entre elles. Ils varient entre 120 et 2016 grammes/parcelle élémentaire de 12 m² soit de 100 kg/ha à 1680 kg /ha.

L'analyse des résultats obtenus a permis d'identifier 15 variétés intéressantes (9 de Guinée et 6 du Mali) avec des rendements relativement élevés : de 710 kg/ha à 1680 kg/ha comme le montre le tableau suivant.

Tableau 1. Cycle de développement et rendement des meilleures variétés observées

N°	Variété	Origine	Pays	Cycle	Aspect grains	Rendement
1	<i>Glélé gbélé</i>	Boké	Guinée	90 j	Blanc	1680 kg/ha
2	<i>Dieni</i>	Sikasso	Mali	92 j	Blanc	1380 kg/ha
3	<i>Kakouni</i>	Mandiana	Guinée	102 j	Blanc	1150 kg/ha
4	<i>Fonhon3</i>	Mopti	Mali	90 j	Violacé	1130 kg/ha
5	<i>Dalaman2</i>	Kouroussa	Guinée	102 j	Blanc	1070 kg/ha
6	<i>Pré-péazo</i>	Ségou	Mali	92 j	Violacé	990 kg/ha
7	<i>Tama</i>	Ségou	Mali	92 j	Violacé	980 kg/ha
8	<i>Sirinka2</i>	Kouroussa	Guinée	90 j	Paille	960 kg/ha
9	<i>Pongon4</i>	Mopti	Mali	92 j	Violacé	930 kg/ha
10	<i>Ggbelengbé</i>	Kankan	Guinée	95 j	Blanc	900 kg/ha
11	<i>Foniba Wulin 1</i>	Kissidougou	Guinée	102 j	Sombre	840 kg/ha
12	<i>Foniba</i>	Faranah	Guinée	102 j	Blanc	780 kg/ha
13	<i>Kansambalan</i>	Kindia	Guinée	105 j	Blanc	760 kg/ha
14	<i>Fini gneny1</i>	Sikasso	Mali	95 j	Indigo	740 kg/ha
15	<i>Mossogbé</i>	Kouroussa	Guinée	92 j	Blanc	710 kg/ha

En 2001, l'essai a été reconduit avec ces variétés et complété avec les variétés les plus courantes de la collection de base de l'IRAG

2.4. Etude des caractéristiques technologiques (activité n°4)

Le Laboratoire de Technologie Alimentaire de l'IER au Mali mène cette activité en étroite collaboration avec le Laboratoire de Technologie des Céréales du CIRAD de Montpellier.

2.4.1. Développement des activités à l'IER.

Les travaux réalisés ont surtout concerné l'affinage des méthodes d'évaluation de la qualité du fonio usiné et notamment du taux de décortilage/blanchiment et du taux de brisures. L'évaluation de la qualité de plusieurs échantillons de fonio prédécortiqués vendus sur différents marchés a été réalisée ainsi que l'analyse qualitative des fonio blanchis obtenus lors des tests d'équipements.

2.4.1.1. Mise au point d'une méthode d'évaluation de la qualité du fonio usiné :

Cette méthode concerne essentiellement l'évaluation du taux d'usinage (décortilage/blanchiment) et du taux de brisures car la mesure des autres grandeurs caractéristiques (teneur en eau, teneur en cendres, teneur en lipides, ...) fait appel à des méthodes classiques déjà normalisées.

i) Détermination du taux d'usinage (taux de décortilage/blanchiment) :

Les méthodes de coloration, de comptage manuel et d'analyse d'images ont été explorées. Les résultats concernant l'analyse d'images (à l'aide du logiciel MATROX Inspector) ne sont pas encore probants et conduisent, pour le moment, à privilégier les tests de coloration et de comptage manuel.

Le CIRAD, en collaboration avec l'IER, avait déjà défini un procédé de coloration des échantillons dans l'optique d'appliquer, à terme, une méthode d'analyse d'images pour évaluer la qualité de la transformation et notamment les taux de décortilage et de blanchiment. Cette méthode consistait à plonger un échantillon de grains dans une solution de méthanol colorée à base de bleu de méthylène et d'éosine pour colorer le fonio paddy en brun-vert, le fonio décortiqué en bleu-vert et le fonio blanchi en rose.



Fig. 2. Coloration du fonio

Pour affiner cette méthode, deux solvants (méthanol et éthanol) ont été testés à l'IER. Seul l'éthanol technique a été retenu car il est plus disponible localement, moins cher et non toxique comme peut l'être le méthanol. Avec l'éthanol, la coloration verte du paddy est moins prononcée et permet de distinguer, aussi bien à l'œil nu qu'à la binoculaire, les grains de fonio paddy, décortiqués et blanchis. Par ailleurs, les effets de coloration du réactif préparé avec l'alcool éthylique perdurent pendant plus de trois semaines ce qui évite de préparer un réactif frais pour chaque test.

Les protocoles de coloration et de comptage manuel sont rappelés en annexe.

ii) Détermination du taux de brisures :

Cette détermination est effectuée par tamisage manuel ou mécanique. Pour standardiser l'opération, l'IER et le CIRAD ont convenu d'utiliser un seul tamis de 500 µm au lieu des 2 tamis de 600 µm et 425 µm précédemment préconisés.

2.4.1.2. Mesure du taux de décortilage du fonio commercialisé

Les mesures du taux de paddy résiduel, faites sur des échantillons de fonio achetés sur le marché de Bamako ou collectés auprès de transformateurs locaux au Mali, sont données ci-dessous

Tableau 2. Taux de décortilage d'échantillons de fonio habituellement commercialisés

Echantillon/origine	Taux de paddy résiduel (%)	Taux de décortilage (%)
Fonio de Manankoro (C.Bougouni)	2.6	97.4
Fonio de San	7.4	92.6
Fonio de Bougouni	1.0	99.0
Fonio de Guinée	0.7	99.3
Fonio prédecortiqué apporté par UCODAL	7.4	92.6

En matière de décortilage, la qualité du fonio commercialisé sur les marchés est assez inégale avec des taux de paddy résiduel qui varient globalement de 1% à 8%.

2.4.2. Etudes des caractéristiques du fonio

Au CIRAD, les activités ont porté sur l'élaboration d'une isotherme de sorption du fonio et sur l'analyse de la composition biochimique du fonio

2.4.2.1. Isotherme de sorption du fonio

L'isotherme de sorption se définit comme la relation entre l'humidité d'équilibre du produit et l'activité de l'eau à une température donnée. Ce type de relation est essentiel pour la compréhension des propriétés de sorption des aliments, en particulier pour assurer la stabilité du produit pendant le stockage. L'isotherme de sorption du fonio a été établie à 30°C sur un échantillon de fonio paddy de la variété guinéenne Kemselen. Les 9 données expérimentales obtenues ont été lissées par le modèle GAB pour obtenir la courbe d'équilibre (voir annexe). Les valeurs de l'humidité sont données en base sèche.

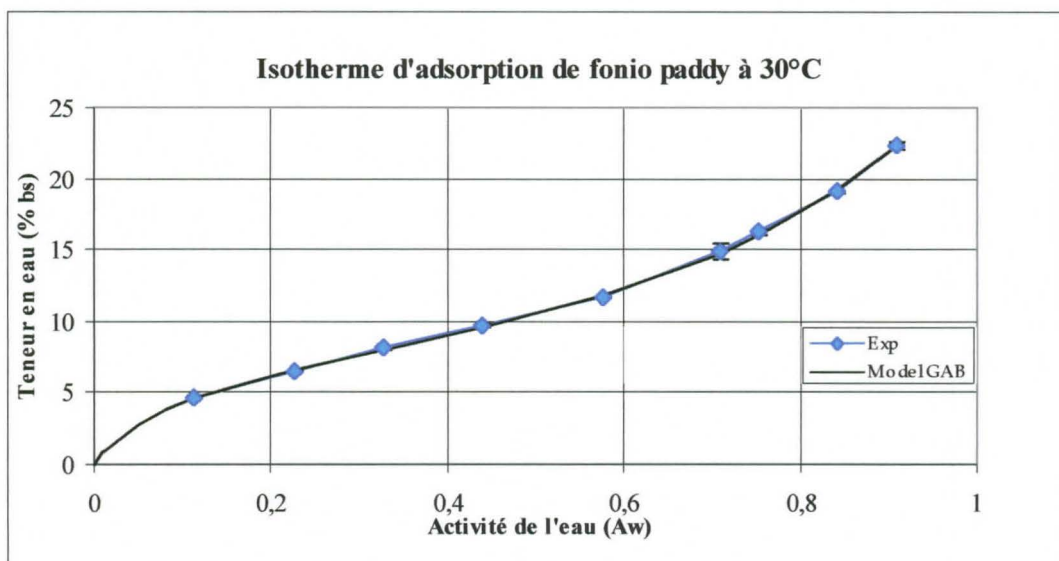


Fig. 3. Isotherme de sorption du fonio (variété Kemselen) à 30°C

2.4.2.2. Composition biochimique du fonio

Le travail effectué dans le cadre de l'activité n° 4 a eu pour objectif de :

- mieux connaître la céréale fonio, sa composition, sa valeur nutritionnelle par rapport aux autres céréales cultivées dans la sous-région, notamment le mil et le sorgho.
- étudier l'effet du blanchiment (traditionnel ou mécanique) sur la composition et la valeur nutritionnelle du fonio blanchi.

Ce travail a été réalisé au CIRAD-CA, Montpellier avec la participation active de deux technologues de l'IER, Bamako et de l'IRSAT, Ouagadougou et l'appui technique de trois laboratoires : les laboratoires d'analyses du CIRAD-AMIS pour les analyses d'amidon, de fibres, de sucres, des matières minérales et des éléments minéraux et l'Unité de Technologie des Céréales et des Agropolymères de l'INRA de Montpellier pour l'analyse des pentosanes.

L'étude a porté sur des fonios en provenance du Mali et du Burkina. La composition des grains décortiqués et blanchis mécaniquement au laboratoire a été effectuée sur :

- quatre échantillons de fonio en provenance du Mali : deux fonios provenant de Koutiala et deux provenant de Kimparana, avec pour chaque localité un fourni par la CMDT et l'autre acheté au marché.
- 20 variétés de fonio originaires d'Afrique de l'Ouest, toutes récoltées en 1999 sur la station de Farakoba à Bobo Dioulasso (Burkina Faso).

La valeur nutritionnelle du fonio a été comparée à deux variétés de sorgho type *guinea tan* (Kaapelga en provenance du Burkina Faso et N'Ténémisa issu de la recherche agronomique IER du Mali) et à un mil acheté au marché de Ouagadougou. La valeur nutritionnelle des fonios blanchis mécaniquement a été comparée à celle de deux fonio blanchis, lavés et séchés traditionnellement à Bamako par Mme Soumaré Modia Sangaré, une productrice de fonio précuit, et par les femmes au bord du fleuve Niger, productrices de fonio pré-blanchi ou blanchi, lavé ou non lavé.

Ce travail a permis de mieux connaître le fonio. Après élimination des balles, le fonio décortiqué, dont la plupart des grains ont un diamètre compris entre 700 et 800 µm, est un grain légèrement plus riche en amidon (68 % m.s.) que le sorgho et le mil, et contient moins de protéines (8-10% m.s.), moins de matières minérales (1.1 % m.s.) et de sucres (1 % m.s.) et des teneurs équivalentes en fibres totales (6.5-8.5 % m.s.) et en lipides (3.7 % m.s.). Les sucres présents sont principalement le saccharose (2 fois moins que chez un sorgho), suivi du raffinose, glucose et fructose. Il n'y a pas de stachyose. Les fibres totales sont principalement la cellulose suivie des hémicelluloses. L'élément minéral majoritairement présent dans un grain décortiqué est le phosphore suivi du potassium alors que c'est l'inverse chez le mil et le sorgho.

Après blanchiment mécanique au laboratoire, le grain est appaît plus riche en amidon (70-93 % m.s.) et appauvrit en tous les autres constituants : il ne contient plus que 6-9 % de protéines, 1.5 % de lipides, 0.6 % de matières minérales, 4-7 % de fibres et 0.2 % de sucres. Chaque élément minéral apparaît en quantité moindre que chez le sorgho et le mil décortiqués sauf le soufre. Les sucres, en particulier le saccharose, diminuent nettement sauf le glucose et le fructose qui semblent être plus présents dans l'albumen que dans les parties plus périphériques du grain ; alors que les quantités de sucres présents chez un sorgho ou un mil après décorticage restent encore très élevées (0.7-1.4 et 2.0 % respectivement). Le blanchiment traditionnel fait chuter encore plus la teneur en lipides à 0.7 % et en sucres à 0.06 %. Dans ce cas, le seul sucre présent est le glucose (0.06 %). La cellulose est présente en majorité chez un fonio blanchi alors que ce sont les hémicelluloses que l'on trouve en majorité chez un sorgho ou un mil décortiqué pour des teneurs en fibres totales équivalentes (4-7%). Les pentosanes totaux qui sont des polysaccharides pariétaux à caractère visqueux sont en quantité négligeable (0.2-0.1 %) par rapport aux 1.1 % présents chez un sorgho ou un mil décortiqué et ne peuvent expliquer l'éventuel effet bénéfique du fonio sur les diabétiques. Pour aller plus loin dans la compréhension physico-chimique du grain de fonio en relation avec le diabète, les travaux devront se poursuivre plus vers une étude de la structure et de la digestibilité de l'amidon de fonio, ou la présence de certains facteurs antinutritionnels ou certains acides aminés aux propriétés insulino sécrétrices.

2.5. Etude des recettes culinaires et utilisations traditionnelles du fonio (activité n°5)

L'inventaire des recettes à base de fonio a été poursuivi dans les trois pays et leur présentation sous la forme de fiches recettes du type INPHO est en cours. Un exemple type est donné ci-dessous et les principales fiches déjà réalisées sont présentées en annexe

Recette : Fonio au gras

Informations générales

Pays	Mali
Région	
Nom Traditionnel	Fin Zame
Type de plat	Plat principal
Forme	Plat au gras
Consommation	Midi ou soir
Temps de préparation	préparation de la sauce
Temps de cuisson	15 à 20 mn
Niveau de difficulté	
Source	

Ingrédients

Fonio
Poisson frais
Légumes (tomate, oignon poivron, aubergine,)
Huile
Gombo poudre
Margarine
Sel

Ustensiles

Préparation

Pour 5 personnes : 1 kg de fonio.

On prépare d'abord la sauce avec les ingrédients (huile, oignon, tomate fraîche, tomate concentrée, poivron, aubergine, ...) et du poisson frais. Après cuisson des légumes et du poisson, on les retire de la sauce et on verse en pluie le fonio tout en remuant doucement. On diminue le feu et on laisse cuire à petit feu pendant 15 à 20 mn en ajoutant un peu de gombo en poudre, de la margarine ou de l'huile pour que les grains ne collent pas.

NB : L'utilisation de la tomate concentrée est facultative.



Fonio au gras

2.6. Principes susceptibles d'être appliqués au post-récolte du fonio (activité n°6)

Cette étude documentaire réalisée par le CIRAD (équipe GPE/PAA/AMIS) a concerné la recherche de différents principes techniques de décortiquage et de nettoyage applicable au fonio. L'étude des équipements est basée sur l'analyse des principes fonctionnels et des solutions techniques pour les mettre en œuvre.

Cette activité, aujourd'hui terminée, a fait l'objet d'un rapport technique spécifique :

MAROUZÉ C. 2000. Etude des équipements existants susceptibles d'être appliqués à la transformation du Fonio. Inventaire des principes de décortiquage blanchiment, de séparation et de battage. Projet Fonio CFC/ICG – (FIGG/02) "Amélioration des technologies post-récolte du Fonio" CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Montpellier, CIRAD-AMIS n° 58/00, octobre 2000.

2.7. Essais-évaluation des équipements actuels (activité n°7)

Au cours de l'année écoulée, les essais ont porté sur les matériels suivants

2.7.1. Battage

Des batteuses, utilisées dans la sous-région pour le battage d'autres céréales, ont été choisies pour être testées pour le battage du fonio. Au Burkina Faso, les essais ont été réalisés avec la batteuse IRSAT (batteuse à riz IRRI modifiée). Le battage des épis est satisfaisant et les débits obtenus au cours des derniers essais sont compris entre 55 kg/h et 103 kg/h. Ces résultats encourageants doivent être confirmés par des essais de longue durée lors de la prochaine campagne. Au Mali, le matériel testé est la batteuse «Bamba» habituellement utilisée pour le battage du maïs, du mil ou du sorgho. Cette machine a été spécialement modifiée pour être adaptée au battage du fonio (modification du batteur et des grilles de nettoyage). Le battage est satisfaisant (pas d'imbattus) mais les débits obtenus au cours des premiers essais sont faibles et varient de 22 à 44 kg/h. En définitive, il apparaît que les batteuses dites «à céréales à paille» telle que la batteuse IRRI sont mieux adaptées au battage du fonio que les batteuses à épis (de type Bamba)



Cliché IER

Essai de la batteuse IRSAT au Burkina Faso



Cliché IRSAT

Essai de la batteuse «Bamba» au Mali

Fig. 4. Essais de battage mécanique du fonio

2.7.2. Nettoyage – vannage

Au Mali, des essais de nettoyage du fonio réalisés à l'IER avec un tamiseur rotatif de l'IER, ont donné des débits particulièrement élevés sur fonio paddy (580 et 930 kg/h) et sur fonio décortiqué (450 kg/h et 790 kg/h) et une séparation des produits satisfaisante. Le matériel doit être prochainement amélioré en affinant le choix des tamis et la régularité de l'alimentation et en équipant le matériel d'une motorisation. Des essais ont également été réalisés sur une petite vanneuse manuelle «Moussa». Sa simplicité de conception et son utilisation possible pour le vannage du paddy avant usinage sont intéressantes mais les performances de ce matériel sont trop limitées notamment en terme de capacité (30 à 60 kg/h).

En Guinée, les essais de nettoyage ont concerné deux vanneuses (nettoyeur ACT et nettoyeur chinois «type 60») et un tarare ALVAN BLANCH du Centre IRAG de Bareng. Les résultats obtenus avec les vanneuses ACT et type 60 ont donné une qualité de nettoyage assez peu satisfaisante et une perte de grains importante par entraînement des grains avec les pailles. Par contre, les essais de nettoyage de fonio paddy réalisés avec le tarare manuel Alvan Blanch sont très encourageants car ils ont permis d'obtenir un débit supérieur à 200 kg/h.



Clichés J.F. CRUZ (CIRAD)

Essai du trieur rotatif au Mali



Essai du tarare «Alvan Blanch» en Guinée

Fig. 5. Essais de nettoyage triage

2.7.3. Décortication/blanchiment

2.7.3.1. Décortiqueur Sanoussi :

De nouveaux essais ont été réalisés avec un décortiqueur "Sanoussi" acquis dans le cadre du projet. Ce nouveau modèle présente des améliorations par rapport au modèle testé à UCODAL en avril 2000 : meilleure ventilation, accès à la chambre plus aisé, cyclone collecteur de son, Les tests de décortication du fonio paddy ont été effectués en décembre 2000 en présence du constructeur (M. Sanoussi DIAKITE) qui a rappelé que sa machine devait bien être considérée comme un décortiqueur-blanchisseur.

Les essais ont été réalisés par batch de 4 ou 5 kg de paddy pour une durée d'usinage de 10 minutes, soit un débit instantané de 24 à 30 kg/h. La vitesse de rotation de l'axe du rotor était en moyenne de 1248 tours/mn en charge.

Après l'usinage, le fonio a été vanné manuellement puis tamisé pour séparer les graines étrangères et les impuretés grossières et les sons résiduels.

Le tableau 3 donne les résultats des essais sur quatre lots différents de fonio.

- F1= Fonio paddy provenant de Kimparana
- F2= Fonio paddy cultivé et livré à Koutiala par M. Traoré
- F3= Fonio paddy de Kimparana (2ème livraison).
- F4= Fonio paddy cultivé et livré à Fingoloni (près de Koutiala) par M. Poudiougou

Tableau 3. Résultats d'essais de décortilage/blanchiment du fonio à la machine «Sanoussi».

Fonio paddy	F1		F2		F3		F4
Poids paddy	5kg	4kg	5kg	5kg	5kg	5kg	4kg
Humidité	6.5 %		5.0 %		6.5 7 %		5.5 %
Θ fonio à l'entrée	29°C		30°C		31 °C		31°C
Durée usinage	10 mn	10 mn	10 mn	10 mn	10 mn	10 mn	10 mn
Débit	30 kg/h	24 kg/h	30 kg/h	30 kg/h	30 kg/h	30 kg/h	24 kg/h
Poids fonio blanchi	3.15 kg	2.50 kg	3.05 kg	2.85 kg	2.95 kg	2.80 kg	2.85 kg
Rendement usinage	63.0 %	62.5%	61.0 %	57.0 %	59.0 %	56.0%	71.2 %
Taux de décortilage	97.4 %	99.2 %	98.8 %	99.1 %	94.2 %	95.4 %	95.8 %
Taux de brisures 600 μ	9.7 %	11.7%	25.7 %	24 %	17 %	14.7 %	
Θ fonio en sortie	57°C	60°C	74°C	72°C	65°C	69.5°C	64°C
Tx cendres (paddy)	3.6%	3.6%	15.98%	15.98%	4.9%	4.9%	2.6%
Tx cendres (blanchi)	0.3%	0.3%	0.7%	0.5%	0.5%	0.5%	0.4%

Analyse des résultats

- La qualité de l'usinage varie selon les différents lots et reste insuffisante avec les lots 3 et 4 qui contiennent encore 4% à 6% de grains non décortiqués (la référence ayant été fixé à moins de 1 % de paddy dans le produit usiné).
- Pour les lots 1 et 2 correctement décortiqués, les rendements d'usinage obtenus sont assez moyens car ils ne dépassent pas 63%. Le blanchiment du lot 1 est satisfaisant car le taux de cendres est inférieur à 0,5% alors que celui du lot 2 apparaît insuffisant (> 0,5%). Pour le lot 2, le taux de cendres anormalement élevé mesuré sur le paddy est certainement du au fait que l'échantillon devait être très sale et contenir de la terre.
- L'échauffement du produit au cours de l'usinage est important puisqu'il peut atteindre 74°C à la sortie de la machine mais il n'est pas excessif et ne devrait pas altérer la qualité du fonio blanchi obtenu.
- Les taux de brisures, obtenus au tamis de 600 μm, fluctuent entre 9 et 25.7%. Toutefois ce tamis laisse passer dans certains cas des grains entiers très fins; ce qui a conduit à retenir désormais le tamis 500 μm pour la mesure des taux de brisures (voir § 2.4.1.1.)

A la lumière de ces résultats, on peut considérer que la machine "Sanoussi" est apte à décortiquer et blanchir le fonio ; les paramètres opératoires (niveau de remplissage, durée d'usinage, etc.) étant à ajuster en fonction des caractéristiques de la matière première. La capacité horaire de ce matériel reste faible par rapport aux exigences exprimées dans le pré-cahier des charges élaboré dans le cadre du Projet (100 kg/h) et aux références courantes (décortiqueur Engelberg et décortiqueur de type PRL sur d'autres céréales). La machine demeure sans doute perfectible. Une vitesse de rotation en charge plus élevée combinée à l'ajustement d'autres paramètres (allongement de la conduite de refoulement du son, niveau de remplissage optimisé entre 4 et 5 kg de paddy, plus grande admission d'air, etc.) pourrait peut-être permettre d'accroître le débit.



Essai du décortiqueur "Sanoussi" au Mali



Clichés: Jean-François CRUZ (CIRAD)

Le décortiqueur BCN modifié

Fig. 6. Essais de décortiqueurs à fonio au Mali

2.7.3.2. Décortiqueur BCN

Comparativement à la machine testée chez M. Diallo en avril 2000, la nouvelle version réalisée dans le cadre du projet dispose d'un système d'aspiration des enveloppes au cours de l'usinage. Pour les essais, la vitesse de rotation de la machine était de 2600 tours/mn à vide et de 2560 tours/mn en charge.

Les essais de décortiquage ont été effectués sur du fonio paddy de Kimparana (6.25 % d'humidité) préalablement nettoyé à la vanneuse manuelle. Le décortiquage a été réalisé en deux passages dont le premier en batch de 6 kg de paddy/5minutes et le second sur les mêmes quantités et durées (6 kg/5minutes) mais à partir du produit propre du 1^{er} passage.

Les données relatives aux essais de décortiquage sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 4. Résultats d'usinage du fonio paddy sur la machine BCN.

	1 ^{er} Passage		2 ^{ème} passage
	lot1	Lot2	
Produit entrée	6 kg de paddy	6 kg de paddy	6 kg decortiqué du 1 ^{er} passage
Humidité initiale	6.25 %	6.25%	6.12%
Durée d'usinage	5 minutes	5 minutes	5 minutes
Débit instantané	72 kg/h	72 kg/h	72 kg/h
Produit sortie (vanné)	4,4 kg	4,15 kg	5,05 kg
Rendement usinage	73,3 %	69,2 %	84,2 %
Taux d'usinage	-	-	97,67 %
Taux de cendres			0,28%
Tx brisures (600 µm)	-	-	17.3%

Le rendement global d'usinage varie de 58% à 62%. Le taux de grains non décortiqués supérieur à 2% conduit à considérer que la qualité du produit blanc obtenu n'est pas totalement satisfaisante. (même si ce taux est comparable à ceux observés sur différents échantillons de fonio collectés sur le marché de Bamako). La machine nécessite encore des modifications pour obtenir un produit fini suffisamment blanchi en deux passages. Une amélioration du système d'aspiration des sons devrait assurer de meilleurs résultats.

Les essais de blanchiment de fonio décortiqué ont été réalisés avec 5 lots différents dont un lot de fonio de Bougouni, un lot de fonio de Kankan (Guinée) et 3 lots de fonio apporté par UCODAL (provenance de Bougouni). L'opération de blanchiment a été effectuée en continu.

Tableau 5. Résultats de blanchiment du fonio sur la machine BCN.

Matière première	Fonio de Bougouni	Fonio de Kankan	Fonio n°1 d'UCODAL	Fonio n°2 d'UCODAL	Fonio n°3 d'UCODAL
Fonio décortiqué	30,0 kg	25,0 kg	30,0 kg	23,0 kg	30,0 kg
Humidité initiale	8,0 %	8,4 %	7,6 %	8,0 %	8,0 %
Θ initiale	23 °C	23 °C	23 °C	23 °C	23 °C
Taux brisures	12,0%	7,5%	6,0%	6,1%	6,0%
Débit machine	185 kg/h	150 kg/h	180 kg/h	267 kg/h	319 kg/h
Fonio blanchi	28,7 kg	24,2 kg	28,0 kg	21,6 kg	28,9 kg
Rt blanchiment(%)	95,7%	96,9%	93,3%	93,9%	95,4%
Taux brisures	19,0%	21,0%	13,4%	12,0%	8,0%
Θ sortie	58.5°C	56 °C	58.5°C	46 °C	45 °C
Tx cendres initial	0,51%	0,49%	0,50%	0,50%	0,50%
Tx cendres final	0,20%	0,20%	0,28%	0,22%	0,22%

Les résultats obtenus confirment ceux des premiers essais réalisés chez M. Diallo en 2000. Par son principe de fonctionnement qui met en œuvre des disques abrasifs, le matériel BCN est davantage un blanchisseur qu'un décortiqueur.

Selon le degré d'usinage de la matière première et le niveau de blanchiment désiré par des transformateurs (UCODAL et Mme SOUMARE) contactés pour des premiers essais de validation de l'équipement en milieu réel, les débits optima semblent se situer vers 150 à 180 kg/h au lieu de 285 à 356 kg/h relevés chez M. Diallo.

Une version améliorée de la machine BCN a déjà été commandée et utilisée comme blanchisseur à fonio par une petite entreprise Bamakoise de transformation des produits agricoles : La Sahélienne de l'Alimentation. D'autres tests de validation en milieu réel sont toujours en cours sur le matériel acquis par le projet et placé au niveau de l'entreprise UCODAL.

2.7.3.3. Décortiqueurs Engelberg

Les premiers essais de décortiquage réalisés en Guinée au cours du premier semestre 2000 avaient porté sur 3 types de décortiqueurs Engelberg répertoriés localement : Le décortiqueur Lino¹, le décortiqueur GALAMA² et le décortiqueur COMFAR³. Les résultats de ces premiers essais ont été consignés dans le premier rapport de synthèse annuel N°2/00 de juillet 2000.

Les essais de ces matériels ont été repris pour confirmation et un nouveau matériel : le décortiqueur Engelberg CCIEC⁴ (grand modèle) a également été testé.

Tableau 6. Résultats comparés des essais de décortiquage avec les décortiqueurs Engelberg

Décortiqueur	Débit (kg/h)	Rt usinage	% non décortiqué	Remarques
Lino	56 – 104 kg/h	63 %	0,5 %	
Galama	16 – 22 kg/h	71 %	6,5 %	
Comfar	31 – 57 kg/h	72 %	9 %	
CCIEC (G.M)	30 kg/h	65 %	34 %	échauffement

¹Lino : Du nom de son concepteur/utilisateur M. Mamadou Lino DIALLO

² GALAMA : Groupement des Artisans de Labé pour la Mécanisation Agricole - Labé

³ COMFAR : Coopérative des Ouvriers Métallurgistes de FARANAH - Faranah

⁴CCIEC : Centre Chinois d'Investissement et d'Exploitation Commerciale - Conakry

Analyse des résultats :

Le décortiqueur «Lino» donne les meilleurs résultats avec un débit moyen voisin de 75 kg/h et un rendement d'usinage de 63% pour un grain correctement décortiqué et blanchi (0,5% de non décortiqué).

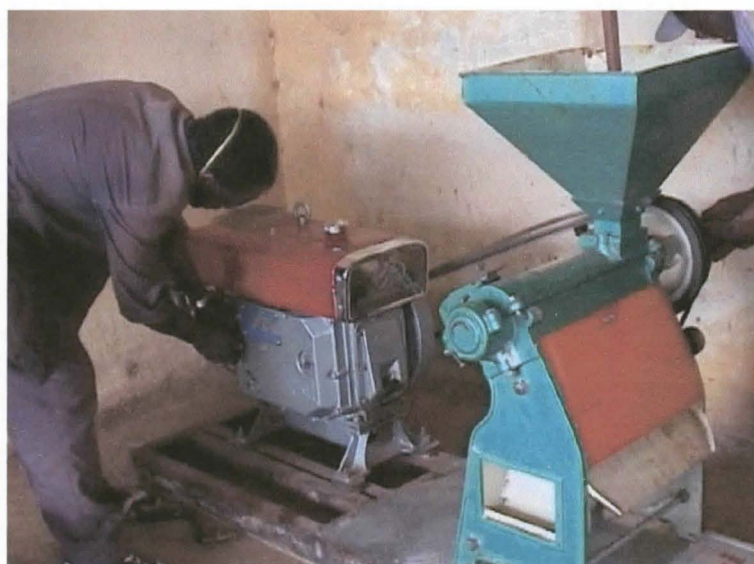
Le décortiqueur GALAMA dont les dimensions du rotor sont comparables au décortiqueur Lino (\varnothing 40 mm et longueur rotor 230 mm) donne des débits relativement faibles (inférieurs à 30 kg/h) et un décortiquage qui n'est pas réellement satisfaisant (6,5% de non décortiqués).

Les décortiqueurs COMFAR et CCIEC (grand modèle) qui n'ont pas donné de résultats satisfaisants notamment en matière de qualité du décortiquage (taux de non décortiqués important) ont été abandonnés.

Un décortiqueur CCIEC (petit modèle) utilisé pour le décortiquage du riz a été spécialement adapté au décortiquage du fonio par le projet PASAL⁵. Ce décortiqueur modifié a fait l'objet de tests dans le cadre de l'activité n° 14 "essais de matériels au stade pilote" (voir §.14). Les premiers résultats d'essais réalisés à Labé montrent des performances supérieures aux machines «Galama» et «Lino» notamment en terme de débit horaire même si des améliorations doivent encore être apportées pour parfaire le décortiquage



Le décortiqueur "Galama"



Clichés: J.F. CRUZ (CIRAD)

Le décortiqueur "CCIEC" petit modèle

Fig. 7. Essais de décortiqueurs à fonio en Guinée

2.7.3.4. Autres décortiqueurs

Au Burkina Faso, un petit blanchisseur à cône, autrefois utilisé pour le blanchiment du riz cargo, a été rénové à l'IRSAT pour être testé sur le fonio. Les tests, réalisés dans les ateliers de l'IRSAT à Ouagadougou, ont porté sur deux lots de 10 kg de fonio à une humidité voisine de 8% et contenant 7,4 % d'impuretés. L'usinage du fonio a été réalisé en discontinu et a nécessité 2 passages pour chacun des lots.

Les résultats obtenus ont été très médiocres en termes de débit (de 27 à 37 kg/h) et de qualité du décortiquage. Les femmes de l'association "TOME", spécialisées dans le traitement du fonio au mortier-pilon, ont considéré que la qualité de l'usinage était très médiocre en raison d'un pourcentage élevé de grains non décortiqués (5% mesuré) et d'un taux de brisures élevé.

Les très faibles rendements d'usinage obtenus (26 % à 37 %) ont conduit à déclarer ce matériel totalement inadapté au décortiquage du fonio et à l'abandonner.

⁵ Projet PASAL : Programme d'Assistance à la Sécurité Alimentaire (financement français).

2.7.4. Séchage

2.7.4.1. Séchoir à gaz de type Atesta

Un séchoir à gaz de type Atesta a été testé au Mali. Ce séchoir comporte une douzaine de claies avec une surface utile de 0.732 m²/claie et un petit ventilateur. Chaque claie a été chargée avec 2.5 à 3 kg de produit humide lors des tests effectués en saison pluvieuse (août 2000).

Les tests ont montré qu'avec ce séchoir, on arrive à abaisser la teneur en eau du fonio humide (lavé/égoutté et ou précuit) d'un niveau de l'ordre de 30 % à un niveau compris entre 5 et 11 %, en trois heures environ. Les essais réalisés en saison sèche, en comparaison de la période humide, confirment les mêmes résultats mais avec une durée de séchage plus courte.

Tableau 7. Essai de séchage du fonio avec un séchoir à gaz Atesta

Origine	Fonio lavé et égoutté	Humidité		Durée Séchage	Conso. gaz (kg)
		initiale	finale		
Fonio Guinée	14,1 kg	31,1 %	5,5 %	3h03	1,7
	14,0 kg	29,7 %	9,6 %	3h	0,8
Fonio Bougouni	22,7 kg	29,7 %	10,4 %	2h58	1,0
	23,0 kg	29,9 %	11,0 %	3h	0,9

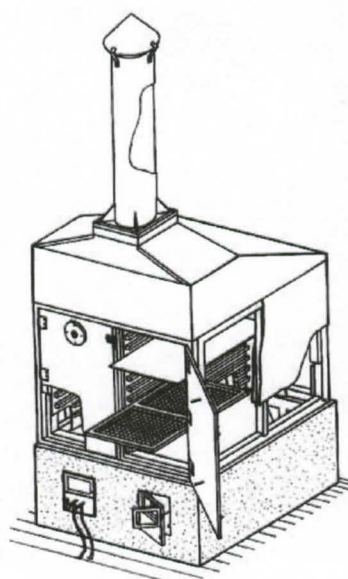


Schéma "Atesta" (Geres)



Séchoir solaire "banco" au Burkina Faso

Fig. 8. Essais de séchage du fonio

2.7.4.2. Séchoirs solaires

Les essais de séchoirs solaires ont été réalisés au Burkina Faso par le Département Energie de l'IRSAT. Un séchoir «banco direct» : séchoir solaire construit en banco (12m x 5m x 2m), recouvert d'un plastique transparent et équipé de claies et un séchoir solaire dit «coquillage»⁶ ont été testés durant la période pluvieuse (août et septembre 2000) particulièrement défavorable au séchage solaire.

L'expérimentation a porté sur des échantillons de 5 kg de fonio blanchi et lavé (et blanchi, lavé et précuit) donnant une couche de 1,5 cm d'épaisseur sur une claie du séchoir «banco direct» et 3,5 cm sur une claie du séchoir «coquillage».

⁶ séchoir conçu au Sénégal et diffusé au Burkina par l'ONG ABAC-GERES

L'évolution du séchage des échantillons de fonio selon le type de séchoir utilisé est illustrée par le graphique suivant :

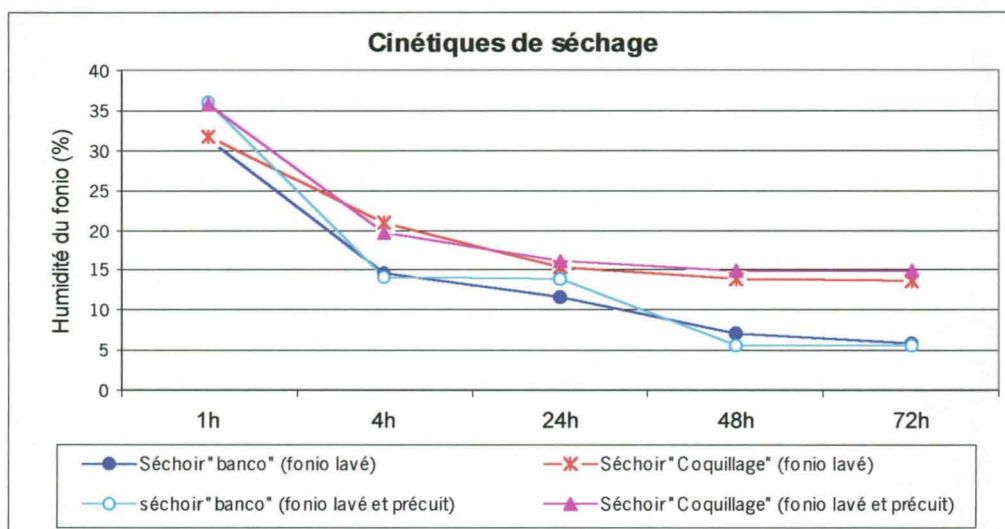


Fig. 9. Cinétiques comparées de séchage du fonio dans 2 séchoirs solaires

On note que, même en période défavorable, le séchoir solaire «Banco direct» donne de bons résultats de séchage du fonio à 48 heures (environ 5,6% d'humidité finale du produit). Les essais sont encore à confirmer en réalisant un chargement uniforme des claies et en comparant les cinétiques avec celle obtenue par une simple exposition solaire directe.

Le séchoir solaire «Coquillage», de faible capacité, ne permet pas, par temps couvert et très humide, un séchage suffisamment rapide du produit. Des phénomènes de condensation sur la coupole supérieure du séchoir sont apparus lors des refroidissements nocturnes entraînant la chute de gouttelettes d'eau sur le produit et des débuts de fermentation.

2.7.4.3. Séchage naturel

En Guinée, le principal mode de séchage du fonio reste le séchage naturel au soleil sur différentes surfaces : aire en terre battue, aire cimentée, route asphaltée, tôle ondulée, bâche, natte ou tissus, Plusieurs essais comparatifs de séchage du fonio paddy ont été réalisés sur route asphaltée, bâche ou tôle ondulée. Le séchage sur route asphaltée est rapide : plus de 2,5 % par heure (surface sombre) mais il entraîne des risques de «pollution» par des matières inertes (sable, pierres,...) et ne permet pas une récupération parfaite du produit séché (surface non lisse). Le séchage du fonio paddy sur des surfaces lisses est propres (aire cimentée, bâches plastiques noires, tôle, ...) est à recommander en période sèche.

Conclusions

Les résultats des différents essais de matériels post-récolte du fonio ont été exposés au cours de l'atelier «équipements» organisé à l'IER et au CIRAD à Bamako du 4 au 9 décembre 2000 et auquel ont participé les différentes équipes «mécanisation» du projet⁷. M. Sanoussi DIAKITE (Sénégal) inventeur du décortiqueur «Sanoussi» et M. Baba COULIBALI (Mali) artisan constructeur du décortiqueur «BCN» ont été invités à participer partiellement à la réunion.

L'analyse des résultats a permis de sélectionner les matériels les plus prometteurs qui après modifications et améliorations feront l'objet de nouveaux tests dans les cadres des activités n° 13 (Amélioration et conception d'équipements) et n°14 (Essais de matériel au stade pilote). Les termes de cette sélection sont consignés dans le rapport de l'atelier⁸ :

⁷ Organisée par la Coordination Régionale, cette réunion a regroupé les spécialistes « mécanisation » du projet :

⁸ Troude F., Marouze C., Cruz J.F. 2000. Rapport de la réunion « équipements » de Bamako. Projet CFC/IGG (FIGG/02). Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD. IER. IRAG. IRSAT. Décembre 2000. 10p + Ann.

2.8. Etude des systèmes de distribution et commercialisation du fonio (activité n°8)

Les principales informations concernant cette activité ont été recueillies au cours de l'année 2000. Ces informations ont été précisées par la collecte de données concernant l'évolution des prix du fonio au cours de l'année.

2.8.1. Distribution et commercialisation du fonio au Mali

Les données synthétiques résultant de l'activité n° 2 et une enquête sur les principaux points de vente de fonio à Bamako ont permis de noter les variations de prix entre les zones de productions et Bamako à différentes périodes de l'année.

Tableau 8. Variation du prix de vente du fonio selon les zones et la période de récolte.

Prix (FCFA/kg)	Période			
	Récolte		Soudure	
Zones	Fonio paddy	Fonio décortiqué	Fonio paddy	Fonio décortiqué
Bougouni	50	100	75	150
San	70	125	100	175
Seno	75	175	150	225

Tableau 9. Variation du prix de vente du fonio (FCFA/kg) par période à Bamako

Période	Fonio paddy	Fonio décortiqué	Fonio blanchi
Récolte	750 – 900	275 – 400	350 – 400
Saison sèche	1000	375 – 400	450 – 475
Saison hivernale	1100 – 1200	425 – 450	500 - 600

Le commerce du fonio est le fait de différents acteurs parmi lesquels on distingue les collecteurs, les grossistes et semi-grossistes et les détaillants. Les collecteurs achètent auprès des producteurs du fonio, généralement prédécortiqué, qu'ils transportent à Bamako pour le revendre aux grossistes, aux semi-grossistes ou aux détaillants. Les grossistes et semi-grossistes sont des opérateurs économiques ayant une grande capacité financière qui leur permet d'acheter d'importantes quantités de fonio qui sont progressivement cédées aux revendeurs. Les détaillants sont les principaux acteurs de la distribution. Ils sont présents sur tous les marchés et restent en relation étroite avec la clientèle domestique (ménagères) et professionnelle (restaurateurs, gargotiers).

Pour répondre aux besoins des ménagères en zone urbaine, des petites entreprises (fabriques artisanales, groupements féminins, ...) proposent maintenant sur le marché du fonio déjà transformé. Une des plus connues, la société UCODAL, commercialise du fonio précuit conditionnés en petits sachets plastiques de 500g et 1 kg, au prix de 1000 FCFA/kg. Ces produits sont distribués dans les épiceries de quartiers ou les supermarchés de Bamako et même exportés en Europe ou aux Etats Unis.

2.8.2. Distribution et commercialisation du fonio en Guinée

En Guinée, l'étude conduite s'est inspirée des résultats de l'étude diagnostic de la filière fonio réalisée en 1998 (PASAL/BCEPA)⁹. Le suivi des prix du fonio et des autres céréales est assuré par le SIPAG¹⁰ sur les marchés des principales villes de Guinée.

⁹ Bien que très détaillée dans la description et l'analyse des études de cas, cette étude n'apporte pas de diagnostic synthétique sur les flux de produit, sur les fluctuations de prix et sur la capacité d'organisation des opérateurs de la filière

¹⁰ SIPAG : Système d'Information sur les Produits agricoles en Guinée

Le fonio, produit essentiellement en Moyenne et Haute Guinée, est présent sur les marchés de l'ensemble du pays, prouvant ainsi la vitalité des circuits de commercialisation. Ces derniers sont animés par des collecteurs, des grossistes et des détaillants. Les collecteurs sont surtout des femmes qui s'approvisionnent sur les marchés hebdomadaires. Elles ravitaillent les grossistes qui peuvent leur accorder des avances de trésorerie pour qu'elles puissent acheter le fonio et assurer leur activité saisonnière (période suivant la récolte). Les grossistes, implantés au niveau des centres urbains, stockent les produits pour les revendre aux détaillantes.

Après la récolte, le fonio est décortiqué dans les villages et acheminé vers les marchés hebdomadaires où il est ensaché dans des sacs en jute ou en polyéthylène. Les sacs sont entreposés dans des magasins sur des planches pour les préserver de l'humidité du sol. Les transactions se font rarement au poids mais généralement sur la base de mesures locales (la "saria" en Moyenne-Guinée et le "Moussa Traoré" en Haute-Guinée).

Les villes de Labé, Mamou, Faranah, Kissidougou et Kindia sont les principaux marchés où transite le fonio vers les centres urbains de Conakry, Kankan et Guéckédou. Au niveau régional, le fonio est exporté vers le Sénégal et la Gambie à partir de Labé, vers la Sierra-Leone à partir de Mamou et Kindia, vers le Mali à partir de Kankan et Faranah et vers la Côte d'Ivoire à partir de Kankan et Faranah ou du port de Conakry.

Les prix connaissent d'importantes variations saisonnières entre la période de récolte et la période de soudure. Le coût du décorticage (environ 40 FG/kg à Faranah ¹¹) et le coût du transport sont deux facteurs qui pèsent lourdement sur la commercialisation du fonio. Les coûts de transport sont estimés à 400 FG la tonne kilométrique dans la préfecture de Faranah et à 160 FG ailleurs. Le stockage implique des coûts de gardiennage (200 FG par sac) et la manutention coûte 100 FG par sac. Enfin, les collecteurs sont limités dans leur action par l'absence d'avance de trésorerie (contrairement à la filière du riz où les commerçants bénéficient habituellement de prêts pour acheter de grosses quantités de riz après la récolte).

L'évolution mensuelle des prix moyens de détail dans les différentes régions de Guinée est donnée dans le tableau 10 suivant :

Tableau 10. Prix du fonio net (non lavé) sur les principaux marchés de Guinée (source : SIPAG)

Année 2000	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Conakry (Madina)	729	833	763	807	800	918	960	900	800	720	825	729
Kamsar	629	618	1000	787	829	824	885	649	621			
Kindia	611	617	651	708	711	716	714	712	617	562	588	613
Labé	455	500	550	600	600	612	600	550	600	611	533	500
Mamou	516	499	541	583	583	583	597	583	583	520	583	458
Dabola	502	479	491	562	600	600	611	625	600	500	458	466
Dinguiraye	570	600	600	600	550	650						
Faranah	510	583	538	600	630	650	630	537	400	400	416	412
Kankan	674	692	666									
Siguiri	935	954	1000							700	714	608
Guéckédou	600	625	612									
Kissidougou	534	539	578	621	621	631						
Nzérékoré	631	594	551	605	612	615	532	492	516			

¹¹ 1000 FG = environ 415 FCFA

L'évolution comparée des prix moyens de détail du fonio dans la capitale du pays (Conakry) et dans la zone de forte production du Fouta Djallon (Labé) est représentée dans le graphique suivant:

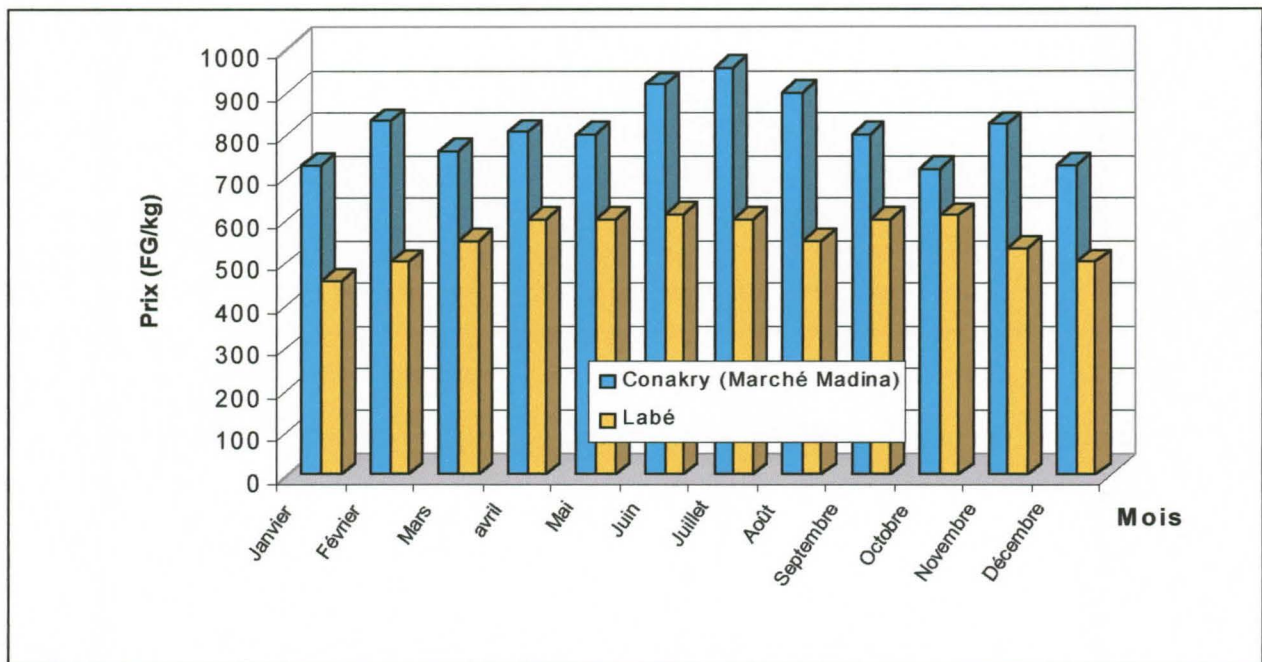


Fig. 10. Evolution des prix moyens du fonio dans 2 villes de Guinée (Conakry et Labé)

2.8.3. Distribution et commercialisation du fonio au Burkina

Au Burkina, des entretiens ont été menés avec des commerçants sur différents marchés de Ouagadougou. Le suivi des prix du fonio a été effectué mensuellement depuis décembre 1999 sur les marchés de Gounghin, Sankariaré, Rood Wooko, Baskuy et Pagalayiri à Ouagadougou. Le SIM¹² de la SONAGESS¹³ a fourni les données pour les autres céréales (mil, sorgho, maïs, riz local et importé).

Au Burkina, le fonio ne fait pas l'objet d'un commerce important ; les transactions sur ce produit sont soit une activité annexe des commerçants en céréales, soit des opérations ponctuelles menées par des commerçants occasionnels.

Sur les marchés, le fonio est vendu décortiqué ou décortiqué et lavé. Les détaillantes des marchés de Ouagadougou sont approvisionnées par des femmes venant des régions sud et sud ouest du pays, principalement de Bobo-Dioulasso et Djibasso (Province de Kossi). Une seule détaillante s'approvisionnant à Ouahigouya (région nord).

Les quantités disponibles à la vente sur les marchés sont faibles, le maximum ayant été atteint au mois de décembre sur le marché central de Rood Wooko avec 205 kg (soit environ 325 kg pour les 4 marchés suivis). Cette faiblesse s'explique par le fait qu'une partie importante du fonio consommé à Ouagadougou provient de circuits familiaux, les ménages consommateurs n'ayant recours au marché que de manière occasionnelle.

Le fonio décortiqué est vendu sur les marchés entre 425 FCFA et 650 FCFA le kg. Le fonio décortiqué est une céréale onéreuse, en moyenne 3 fois plus chère que le mil, le maïs et le sorgho, et 2 fois plus chère que le riz, local ou importé.

Du fonio précuit, conditionné en sachets plastiques, est également commercialisé dans certains magasins (alimentations et supermarchés) des grandes villes (Ouagadougou, Bobo Dioulasso).

¹² SIM : Système d'Information des Marchés

¹³ Société Nationale de Gestion de Sécurité des Stocks

Les femmes de l'association *Wen Benedou* de Ouagadougou commercialisent du fonio (cru ou précuit) sous la marque TOME au prix de 1150 FCFA/kg. Le fonio est préalablement décortiqué en zone de production (Nouna dans la Province de Kossi) pour être ensuite transformé, blanchi, nettoyé, lavé (et parfois précuit) et conditionné en sachets plastique de 1 kg au niveau de l'association. On trouve également d'autres marques : ORODARA (850 FCFA/kg), LANAYA à Bobo -Dioulasso (900 FCFA/kg),

Les différentes informations déjà recueillies doivent encore être complétées par la recherche de données sur les circuits d'exportation dans la sous-région ou vers les pays du Nord. Cette recherche est complémentaire des actions menées dans le cadre de l'activité N°16 «d'évaluation des marchés d'exportation».

2.9. Etude de la consommation (activité n°9)

Cette activité a été l'objet principal de l'atelier sur les enquêtes socio-économiques qui a eu lieu dans les locaux du CIRAD à Bamako du 15 au 25 novembre 2000. Cette session a réuni les différents partenaires ¹⁴ en vue de la poursuite des enquêtes de consommation. Les principales recommandations ont été consignées dans le rapport :

NDIAYE J.L. 2000. Compte –rendu de l'atelier de Bamako sur les enquêtes socio-économiques du projet «Amélioration des technologies post-récolte du fonio». CIRAD/AMIS n° 71-2000. CIRAD Montpellier. 25p + annexes.

2.9.1. Synthèse régionale

Au vu des premiers résultats d'enquêtes, il semble que le prix de vente du fonio constitue le principal obstacle à un accroissement de la consommation. Il convient de noter que le prix élevé du fonio, cité en tête par les consommateurs urbains des trois pays, semble masquer d'autres barrières qui apparaîtront rapidement une fois que cet obstacle (majeur) sera levé :

Le facteur déterminant de la consommation de fonio semble être la proximité culturelle avec le produit. En effet, les ménages qui consomment le fonio avec le plus de régularité sont très souvent issus de régions dans lesquelles le fonio constitue une céréale de base. A l'inverse, ceux qui n'ont pas cette tradition de consommation se retrouvent parmi les consommateurs occasionnels, voire ceux qui n'en consomment jamais.

Si le fonio bénéficie d'une image positive comme aliment très digeste, voire à vertu thérapeutique, cette image est à double tranchant car il est aussi perçu comme un aliment peu réplétif. Découlant directement de cette première constatation, le fonio est parfois considéré comme un aliment pauvre en éléments nutritifs. Par rapport à d'autres céréales comme le riz ou le mil, le fonio est considéré comme peu nourrissant et donc souvent déconseillé dans un régime alimentaire basé essentiellement sur ce produit.

Enfin, certaines catégories de personnes au sein des ménages, et particulièrement les enfants, n'ont aucune attirance pour le fonio. Cette attitude de rejet peut amener le chef de ménage (ou son épouse) à en limiter la fréquence de préparation, même lorsque les adultes l'apprécient.

2.9.2. Enquête de consommation ("enquête 150 ménages")

2.9.2.1. Cadre général

Cette enquête vise à caractériser la consommation de fonio au sein des ménages qui, à des fréquences variées, en font usage. L'enquête apportera des informations sur le mode d'apprentissage des recettes à base de fonio, le type de préparation les plus répandues selon le moment de la journée, les pratiques d'approvisionnement, les critères de qualité mobilisés pour

¹⁴ Organisée par la Coordination Régionale, cette réunion a regroupé les spécialistes socio-économistes du projet : Mme Charlotte Koncobo et M. Rachidi Karimou de l'IRSAT (Burkina), M. Youness Chaloub de CIRAG (Guinée), Mlle Fatoumata Dembélé de l'IER (Mali) et M. Jean-Luc Ndiaye du CIRAD (France).

Unité bibliothèque
Lavalette

l'achat de la céréale, les opérations de transformation effectuées par le ménage, le positionnement du fonio par rapport aux autres céréales (en terme d'usage et de prix) et la perception qu'en ont les ménagères. Elle permettra en outre de fournir les données de comparaison sur les caractéristiques de la consommation de fonio entre les villes des différents pays de la zone d'étude.

Ces informations seront utiles pour, entre autres, identifier les principaux obstacles à la consommation de fonio, distinguer les critères de qualité sur lesquels la transformation mécanisée devra s'attacher, cerner les attentes des consommateurs en terme de qualité et de prix, orienter les campagnes de promotion en fonction de la perception du produit.

Le questionnaire d'enquête a été élaboré en commun au cours du séminaire de Bamako. La méthode d'échantillonnage est la même que pour la précédente enquête (sondage aréolaire). Pour les pays qui le peuvent, il est possible de recontacter les ménages consommateurs enquêtés lors de la première phase.

Les enquêtes ont été effectuées au cours du premier trimestre 2001. La saisie des données d'enquête, le traitement statistique et la rédaction des rapports nationaux ont été réalisés durant le second trimestre. Les partenaires de la Guinée et du Mali ont adressé leur fichier de données à la Cellule Socio-économique IRSAT/DTA au Burkina et à l'Equipe SEA (Socio-Economie Alimentaire) du CIRAD/AMIS qui ont en charge de rédiger le rapport final de synthèse.

2.10. Formation complémentaire des partenaires du projet (activité n°10)

2.10.1. Formation dans le cadre du projet

Dans le cadre de l'atelier sur les enquêtes socio-économiques qui a eu lieu au CIRAD à Bamako du 15 au 25 novembre 2000, une session de formation de 2,5 jours a été réalisée, pour les partenaires du projet, sur la saisie et le traitement des données d'enquêtes avec le logiciel Winstat et la présentation des données sous Excel.

D'autres formations, prévues dans le cadre du projet, devraient avoir lieu au cours de l'année 3 et les différents partenaires ont été conviés à élaborer des demandes en fonction des besoins prioritaires de leurs équipes

2.10.2. Formation sur financement extérieur

Une formation sur le thème «Méthode de conception d'équipements» a été acquise sur financement français CIRAD – Ministère des Affaires Etrangères pour

M. Drame Djibril, technologue IER, Coordonnateur du projet fonio au Mali,
M. Son Gouyahali, agro mécanicien IRSAT, Coordonnateur du projet fonio au Burkina.
M. Sakho Souleymane, agro mécanicien IRAG en Guinée

Cette formation a eu lieu au CIRAD à Montpellier durant le mois d'avril 2001.

2.10.2.1. Atelier de formation aux méthodes de conception d'équipements dans les pays du Sud

Les trois responsables "conception d'équipements" des trois pays partenaires ont participé à un stage de formation sur les méthodes de conception d'équipements agricole et agroalimentaire dans les pays du Sud..

La formation a été assurée par M. Marouzé C., chercheur en mécanisation avec l'appui de M. Thauhay P., technicien de l'équipe GPE "Génie des Procédés et Equipements" du CIRAD/AMIS. En dehors des aspects méthodologiques traités lors de ce stage, des tests et démonstrations ont été réalisés avec le décortiqueur Engelberg, le canal de vannage et le dispositif de lavage. Par ailleurs, des Cahiers de Charges Fonctionnels (CdCF) ont été rédigés pour le décortiqueur et la laveuse ainsi que des analyses fonctionnelles techniques de matériels de transformation.

2.10.2.1. Stage "Qualité des produits"

Parallèlement au stage "conception d'équipement", quatre partenaires (2 machinistes : M. Son Gouyahali de l'IRSAT (Burkina Faso) et M. Sakho Souleymane de l'IRAG (Guinée) et 2 technologues : M. Dramé Djibril de l'IER (Mali) et Melle Khanata de l'IRAG (Guinée) ont suivi une formation en "analyse qualité" dispensée par Mme Geneviève FLIEDEL, chercheur en sciences alimentaires au CIRAD/CA.

La formation a d'abord consisté en un cours théorique sur la morphologie, l'anatomie et la structure des grains de céréales, leur composition biochimique avec la répartition des différents constituants dans le grain, et l'effet des principales transformations, notamment le décortiquage, sur leur valeur nutritionnelle, avec à chaque fois application au fonio à partir des études déjà menées dans ce domaine par l'équipe "Qualité des produits" du CIRAD/CA.

La formation a été poursuivie dans le laboratoire avec l'assistance de Mme Brigitte Pons, technicienne CIRAD. Au laboratoire, différents essais ont été réalisés :

- Essais de décortiquage de fonio paddy et mesure des rendements. Les essais ont été réalisés avec décortiqueur à rouleaux de caoutchouc SATAKE, habituellement utilisé pour le riz
- Essais de blanchiment mécanique des grains de fonio décortiqués avec un blanchisseur à riz de laboratoire SATAKE, qui a été spécialement adapté pour le fonio. Différents temps de blanchiment ont été étudiés (1, 2, 3, 4 et 5 mn) et le rendement au blanchiment mesuré.
- Essais d'échantillonnage des grains blanchis. L'importance de l'échantillonnage a été soulignée notamment pour identifier la présence de grains paddy après décortiquage-blanchiment au cours des essais d'équipements sur le terrain.
- Essais de coloration des grains transformés (colorant de May-Grunvald à base de bleu de méthylène et d'éosine dans du méthanol selon le protocole de Scheuring et Rooney) et observation visuelle des grains blanchis colorés à la binoculaire. Des essais d'analyse d'image avec le logiciel Matrox ont été effectués pour mesurer le pourcentage de grains paddy ou décortiqués dans les lots de grains blanchis à différents temps et ces résultats ont été comparés à ceux obtenus par comptage à la main. Des mesures de poids de mille grains ont été également effectuées.

Enfin, le principe de dosage des lipides, matières minérales et protéines a été expliqué aux partenaires en formation et une démonstration effectuée. L'utilisation de ces dosages dans l'évaluation de la qualité d'un décortiquage-blanchiment et le suivi des essais ou de la mise au point des équipements, a été souligné. Après les mesures de rendements et l'observation visuelle des grains colorés, ces dosages peuvent compléter ces informations pour juger de l'élimination du péricarpe et du germe, sans trop user le grain et garder une bonne valeur nutritionnelle.

2.11. Réunion de coordination n°2 en Guinée (activité n° 11)

Voir § 2.1.

2.12. Choix des équipements (activité n° 12)

Lors de l'atelier «équipements» organisé à l'IER et au CIRAD à Bamako du 4 au 9 décembre 2000, l'analyse des résultats des essais des différents équipements post-récolte a permis de sélectionner les matériels les plus performants susceptibles d'être retenus pour la suite du projet.

Au cours de la réunion, une visite a été organisée dans l'atelier de technologie de l'IER à Sotuba où des essais du décortiqueur blanchisseur «Sanoussi», acheté par l'IER dans le cadre du projet, étaient en cours de réalisation. Des discussions ont ainsi pu être engagées avec M. Sanoussi DIAKITE, inventeur, qui participait activement aux essais de sa machine.

Les principaux matériels sélectionnés pour la poursuite des essais sont répertoriés dans le tableau synthétique suivant :

Tableau 11. Equipements de technologie post-récolte du fonio pour la poursuite des essais

Opérations	IER Mali	IRAG Guinée	IRSAT Burkina	CIRAD
Battage	- Batteuse (Bamba) (essais longue durée) - Données sur battage manuel - Batteuse Votex (abandon)	- Introduction et essai batteuse ASSI (importée Sénégal) - Données sur battage manuel	- Batteuse IRSAT (essais longue durée) - Données sur battage manuel	Appui essai battage en Guinée
Nettoyage	- Vanneuse Moussa» (modèle amélioré) - Cribles rotatifs Réalisation et tests	- Tarare manuel Alvan Blanch (essais longue durée) - Vanneuses chinoise et ACT (abandon)	- 1 épierreur ITA	Maquette vannage Plans cribles rotatifs
Décortilage Blanchiment	Décortiqueur - Sanoussi (nle version essais) - BCN (type Mini PRL). Essais	Décortiqueurs Engelberg - «Lino» - «Galama» - «CCIEC petit modèle (à tester)	- Décortiqueur Engelberg Proto IRSAT Réalisation et test	Décortiqueur Votex essai longue durée
Lavage	Données sur lavage manuel Essai unité pilote de lavage avec CIRAD	Données sur lavage manuel	Données sur lavage manuel	Etude de principes Réalisation Unité pilote et tests
Séchage	- Séchoir à gaz ATESTA Essais à finaliser <i>Séchoir solaire traditionnel</i>	- Séchage solaire bâches plastiques Essais à réaliser	- Séchoir banco IRSAT Essais à finaliser Séchoirs tente et tunnel Essais à réaliser - Séchoir coquillage (abandonné)	- Séchoir à claies Cinétiques de séchage Courbes de sorption

2.13. Amélioration et conception d'équipements (activité n° 13)

2.13.1. Décortilage/blanchiment

- Décortiqueurs "Engelberg.

Les premiers essais réalisés au CIRAD avec un petit décortiqueur «Votex»¹⁵ ont conduit à la conception d'un module de décortilage, spécifique au fonio, basé sur le principe Engelberg. Les solutions techniques développées permettent de répondre aux deux contraintes majeures de ce matériel : d'une part, la précision dimensionnelle de la fabrication imposée par la petite taille des graines de fonio et, d'autre part, la fabricabilité dans les ateliers Ouest africains.

La première série d'essais a été réalisée en utilisant le module comme décortiqueur. La réalisation des tests a montré que le matériel devait être utilisé avec la trappe d'entrée complètement ouverte et que la qualité du décortilage dépendait essentiellement du réglage de la trappe de sortie.

Les performances obtenues sont intéressantes tant en matière de débit (voisin de 100 kg/h) qu'en terme de rendement de décortilage (voisin de 75%) et de taux de décortilage (> 97%).

Cette maquette peut également être utilisée comme décortiqueur blanchisseur.

¹⁵ - MAROUZE C., JOUVE A.G., THAUNAY P. 2000. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n° 13 : Amélioration et conception d'équipement. Décortilage du fonio. Etude du décortilage avec le matériel « Votex » de type « Engelberg ». CIRAD/AMIS n°63/00. Montpellier. France. Novembre 2000

Les essais ont été réalisés en équipant le matériel d'un dispositif de vannage en sortie des grains.

Les débits obtenus ont été de 77 à 79 kg/h avec des rendements d'usinage de 60 à 69 % et des taux résiduels de paddy inférieurs à 1,6 %

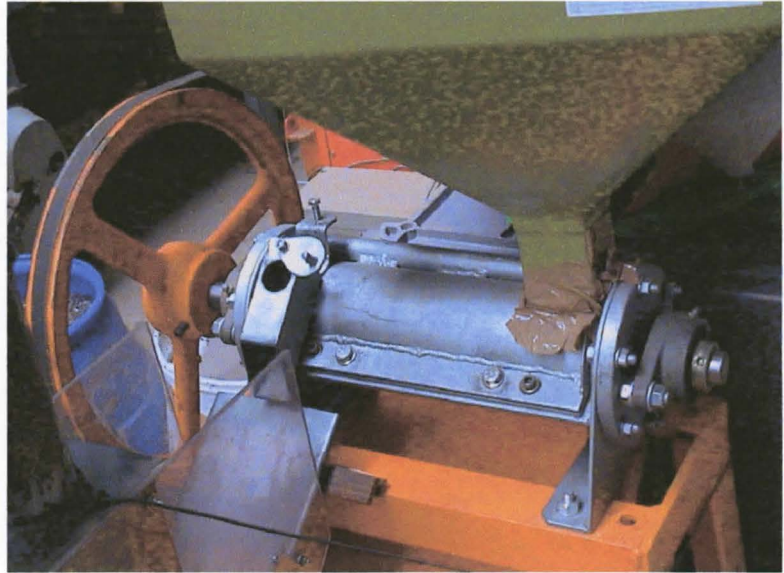
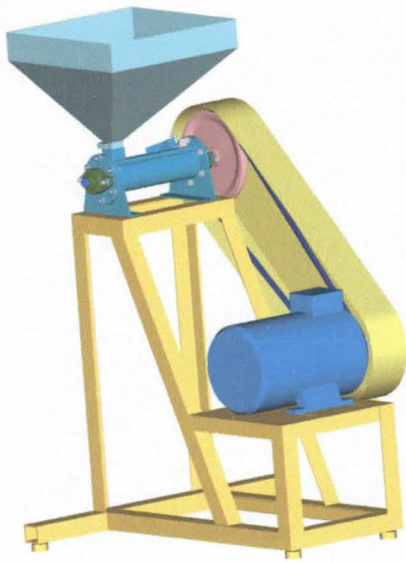


Fig. 11. Module de décortication réalisé au CIRAD (principe Engelberg)

Au Mali, il est prévu la construction locale de ce module expérimental en collaboration avec l'entreprise IMAF de Bamako. La fabrication et les essais auront lieu avant la fin de l'année 2001.

Au Burkina, l'IRSAT a conçu un prototype dont les essais sont encore en cours de réalisation.

En Guinée, le projet fonio, en étroite collaboration avec le projet PASAL, a expérimenté le décortiqueur Engelberg dit "CCIEC petit modèle". Les résultats d'essais sont donnés au chapitre 14.

- Décortiqueur BCN

La nouvelle version du décortiqueur BCN est en cours de modifications. Des améliorations sont encore nécessaires pour parfaire le système de nettoyage par aspiration des sons.

2.13.2. Nettoyage vannage

Dans les ateliers de transformation, le vannage du fonio est réalisé soit, avant décortication pour éliminer les impuretés soit, après pour retirer les sons voire pour l'élimination des fines du fonio lavé et séché. L'extrême petitesse de graines de fonio rend cette opération particulièrement délicate.

Une recherche spécifique a été menée au CIRAD concernant l'étude de principe de nettoyage à sec des grains de fonio. Cette recherche a fait l'objet de 2 rapports :

MAROUZE C., BUFFETAUD B. 2000. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n° 13: Amélioration et conception d'équipement. Nettoyage à sec des graines de fonio. Etude de principe de nettoyage. CIRAD/AMIS n°60/00. Montpellier. France. Octobre 2000. 19 p + annexes.

SEIGE C. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n° 13: Amélioration et conception d'équipement. Etude et validations de principes de nettoyage à sec de graines. CIRAD/AMIS n°62/2001. Montpellier. France. Juin 2001. 47 p + annexes.

Canal de vannage

Des différents principes étudiés, le canal de vannage s'avère particulièrement bien adapté pour le nettoyage du fonio. Ce principe peut aussi être appliqué au nettoyage d'autres céréales locales.

Il s'agit d'un canal vertical avec flux d'air ascendant. Le produit sale est introduit mi-hauteur. Les particules légères sont entraînées par le flux d'air et concentrées au niveau d'un cyclone. Les grains et les particules plus lourdes sont récupérées sous le canal.

Les différents essais réalisés sur maquette ont conduit à l'élaboration d'un pilote qui doit être prochainement fabriqué au Mali par un artisan.

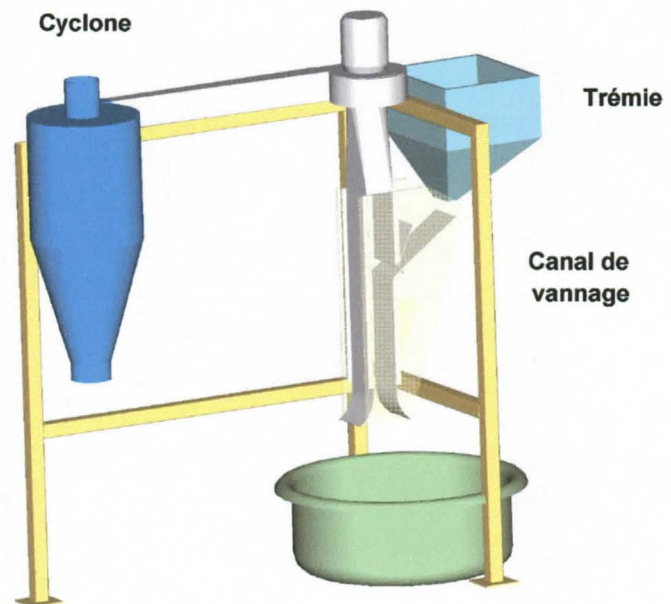


Fig. 12. Module expérimental "canal de vannage" (d'après P. Thaunay)

Crible rotatif

Suite aux premiers essais de nettoyage du fonio réalisés à l'IER avec un tamiseur rotatif, une maquette a été réalisée au CIRAD afin d'optimiser la taille des grilles à utiliser pour nettoyer le fonio blanchi en séparant les fines particules (brisures, ...) et les grains de paddy résiduels.

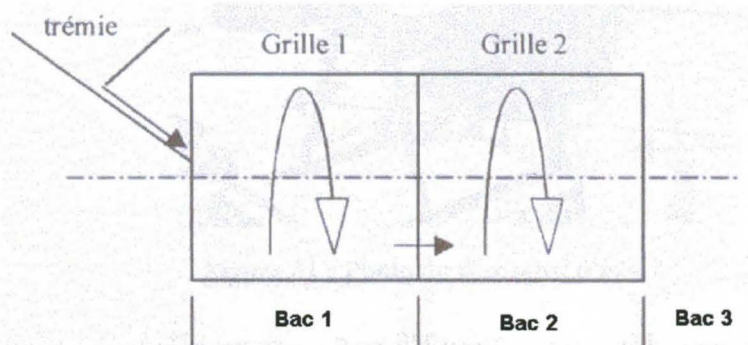


Fig. 13. Schéma du crible rotatif

Les premiers tests du module réalisés à une vitesse de rotation de 38 tr/mn ont montré que des mailles de 0,5 mm pour la première grille et de 0,9 mm pour la seconde donnaient des résultats satisfaisants sur fonio blanchi. Ces valeurs seront à confirmer par des essais sur le prototype qui doit être construit au Mali par l'artisan de Bamako M. Baba Coulibaly Neto.

2.13.3. Lavage

A partir d'une première étude réalisée en 2000 qui avait identifié des principes permettant une mécanisation du lavage¹⁶, un Cahier des Charges Fonctionnel des futurs équipements a été réalisé avec les partenaires du projet qui sont allés en formation au CIRAD à Montpellier en avril 2001 (voir § 2.10.2). Deux principes de lavage ont été retenus.

Laveur à hélice

Le premier principe met en œuvre un flux à contre courant des graines et de l'eau selon le schéma présenté ci-dessous.

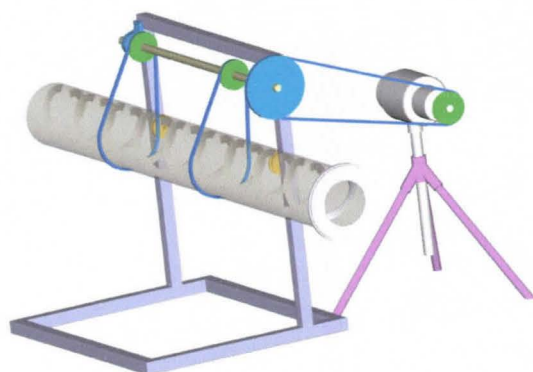
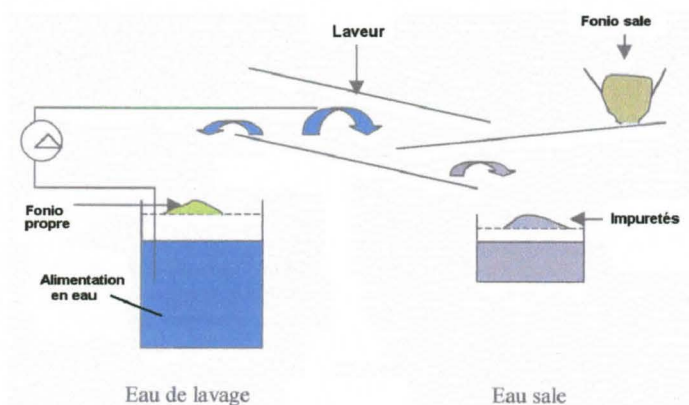


Fig. 14. Schéma et représentation du laveur (d'après C. Marouzé et P. Thauhay)

Le laveur est constitué d'un tube incliné transparent (Altuglass) et muni, sur la face interne, de pales formant une double hélice. Le tube est traversé par un courant d'eau qui lave la masse de grains poussée par les hélices. Les impuretés, plus légères, sont entraînées par l'eau qui déborde au-dessus des hélices. Ce principe doit permettre également d'assurer l'élimination de la majeure partie des paddy restant dans le fonio blanchi.

Déssableur Hydrolift.

Pour l'élimination des sables, la technique mise en œuvre est celle de l'hydrolift qui, dans une colonne d'eau, permet la séparation des différentes particules selon leur densité.

Les principes de lavage sont en cours de validation sur des pilotes et les principales variables des procédés sont à l'étude¹⁷.



Cliché: J.F. CRUZ (CIRAD)

Fig. 15. Vue du déssableur

¹⁶ - MAROUZE C., BUFFETAUD B. 2000. Etude du lavage du fonio. Etude des principes permettant une mécanisation des opérations. CIRAD-AMIS, n° 64/00. Montpellier. France. Novembre 2000. 15 p.

¹⁷ MAROUZE C., ODINOT A. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n° 13: Amélioration et conception d'équipement. Recherche et validation de principes permettant le lavage et l'épierrage du fonio. CIRAD/AMIS n°61/2001. Montpellier. France. Juin 2001. 38 p + annexes.

2.14. Essais des matériels au stade pilote (activité n° 14)

Tous les nouveaux essais des matériels retenus lors de la réunion «équipements» de Bamako sont réalisés dans le cadre de cette activité

2.14.1. Battage.

En Guinée des premiers essais de battage ont été réalisés sur une batteuse ASSI importée du Sénégal dans le cadre du projet.

La batteuse ASSI fabriquée par la SISMAR (Société Industrielle Sahélienne de Mécanique de Matériel Agricole et Représentation) au Sénégal est une batteuse type "céréales à pailles" conçue à l'origine pour le battage de riz.



Cliché: J.F. CRUZ (CIRAD)

Fig. 16. Essai de la batteuse ASSI en Guinée

Des essais préliminaires de la batteuse ont été réalisés au centre GALAMA de Labé en juin 2001. Ils ont consisté en une "prise en main" de la machine avec pour principaux objectifs :

- d'apprécier son aptitude au battage du fonio en recherchant les meilleurs réglages
- de mesurer les performances de la machine (débit, qualité du battage, pertes de grains, ...)

Les résultats d'essais ont été consignés dans un rapport spécifique¹⁸ dont les conclusions précisent que la batteuse ASSI se prête bien au battage du fonio pratiquement aucun imbattu et des débits en grains variant de 100 kg/h à 270 kg/h selon la qualité de la récolte. Le pourcentage des impuretés dans les grains battus est néanmoins assez élevé ce qui nécessitera sans doute une adaptation du système de nettoyage et des flux de ventilation.

Des tests de longue durée sont programmés à l'occasion de la prochaine récolte avec l'appui d'un technicien du CIRAD (M. P. Thauway).

Au Burkina Faso, la batteuse IRSAT (dérivée de la batteuse IRRI) est en cours d'adaptation et des essais de longue durée sont prévus lors de la prochaine campagne.

¹⁸ LOUA F., KOUYATE S., SAKHO S. DIALLO T.A. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Rapport d'étape Activité n° 14 : Essai des matériels au stade pilote - Décortiqueur CCIEC petit modèle et Batteuse ASSI. IRAG. Bareng. Guinée. 19 p.

2.14.2. Décortiquage

Essais du décortiqueur Engelberg "CCIEC petit modèle".

La machine, prévue initialement pour l'usinage du riz, a été modifiée en remplaçant la grille de la chambre de décortiquage par une tôle munie de nervures réalisées par des points de soudure. Par ailleurs, le circuit des grains a été modifié en shuntant le système de nettoyage (aspiration en sortie de rotor) pour éviter que les grains de fonio ne soient entraînés par le courant d'air.



Fig. 17. Essai du décortiqueur "CCIEC petit modèle" en Guinée

Quelques tests préliminaires ont été réalisés au centre Galama de Labé notamment à l'occasion d'une mission du Coordinateur Régional en juin 2001. Ces premiers essais réalisés avec du fonio de la variété "Boléfendé" montrent qu'il apparaît nécessaire d'effectuer 2 passages pour réaliser un usinage correct des grains. Le premier passage donne un décortiquage imparfait de la masse des grains tandis que le second passage assure la finition du décortiquage et le blanchiment. Les clichés d'échantillons pris lors des 2 passages illustrent ces observations



1^{er} passage



2^{ème} passage

Clichés: J.F. CRUZ (CIRAD)

Fig. 18. Echantillons de fonio pris lors de l'usinage du fonio

Les résultats des essais, sur un échantillon de 10 kg, sont les suivants

Au premier passage : débit: 123 kg/h - rendement "décortiquage" : 76 %
 Au second passage : débit: 100 kg/h - rendement "blanchiment" : 74 %
 Soit un rendement d'usinage global de 56 %

En considérant l'ensemble de l'opération et notamment le temps de vannage manuel entre les deux passages, le débit global de l'opération n'est plus alors que de 31 kg/h.

Pour vérifier les performances réelles du matériel, des tests de longue durée sont programmés à l'occasion de la prochaine récolte avec l'appui d'un technicien du CIRAD (M. P. Thaunay).

Autres décortiqueurs

Au Mali, des essais sur le décortiqueur «Sanoussi» (nouveau modèle) ont été réalisés (voir § 2.7.3.1.) . Dans le cadre de l'activité n° 14, ces essais doivent être poursuivis en réalisant l'usinage de 3 variétés différentes de fonio en provenance de Guinée (variétés Siragbé, Boléfendé et Kemselen)

Pour le décortiqueur BCN, les premières modifications du décortiqueur à disques (type mini-PRL) construit par l'artisan Baba Coulibaly ont concerné l'adjonction à la machine d'un système d'aspiration des sons dans la chambre de décortication. Les essais du matériel ainsi modifié sont en cours (voir § 2.7.3.2).

Au Burkina, les essais de décortication portent exclusivement sur le prototype Engelberg IRSAT en cours de construction.

2.15. Etude de nouveaux produits et de nouveaux conditionnements (activité n° 15)

Deux axes de travail ont été identifiés lors de la réunion de Bamako de novembre 2001 :

Les nouveaux produits ou conditionnements comme réponse aux facteurs limitant la consommation du fonio et aux attentes des consommateurs. Les différents partenaires ont convenu que les objectifs et les orientations de cette activité dépendront entièrement des résultats de l'activité 9 sur la consommation de fonio dont l'analyse permettra d'identifier ces facteurs limitants.

Une première étude a été réalisée par le programme de Technologie Agro-alimentaire de l'IRAG concernant l'identification des emballages alimentaires disponibles en Guinée

- Recherche de nouvelles voies de valorisation du fonio et/ou amélioration de produits existants.

Des travaux ont été initiés au Mali, concernant notamment :

- Les farines infantiles à base de fonio (ou à teneur élevée de fonio) ;
- Le fonio étuvé (avant décortication) ;
- Les biscuits à base de fonio (ou à teneur élevée de fonio) ;
- Les gâteaux à base de fonio ;
- Les «crunch» de fonio

Les différents biscuits ou gâteaux réalisés ont été très appréciés par les dégustateurs au Laboratoire de Sotuba tandis que les premiers essais d'étuvage du fonio paddy ont montré une plus grande facilité de décortication couplée à une amélioration du rendement et à une diminution du taux de brisures. Ces premiers résultats restent à confirmer.

Enfin, il a été proposé de lier cette activité avec l'étude des recettes culinaires (activité n°5).

2.16. Evaluation des marchés d'exportation (activité n° 16)

2.16.1. Exportation de fonio en Europe

L'étude sur les marchés d'exportation actuels ou potentiels du fonio en Europe a été sous-traitée à la Société RACINES. Cette société privée, basée à Montpellier, est spécialisée dans l'importation et la commercialisation en Europe d'ingrédients et de produits agro-alimentaires d'origine tropicale.

Dans un premier temps, il a été jugé préférable de concentrer l'étude sur la France où les immigrants africains originaires des pays où l'on produit du fonio sont nombreux (Sénégalais : 74000, Maliens : 59 000, Guinéens : 10 000, Burkina Bé : 4 000,...).

La société RACINES a mené des enquêtes auprès de consommateurs et de commerçants (grossistes et détaillants) principalement à Paris et à Montpellier.

Les premières conclusions sont les suivantes :

Au niveau de la consommation :

Les principaux clients sont les Africains originaires des pays producteurs (Mali, Guinée, Sénégal et Burkina Faso) qui consomment du fonio environ 3 fois par mois mais la consommation de fonio se développe également chez les Ivoiriens, les Congolais et les Camerounais (fréquence moyenne : 1 fois tous les 2 mois). Le fonio est un produit "culturel et "festif" consommé le plus souvent en couscous pour les fêtes familiales. Il est habituellement acheté en sachets plastique de 1kg sous la forme "blanchi et lavé" car le fonio "précuit" est encore peu connu.

Les principales exigences des clients concernent la qualité (absence de sable et d'odeur désagréable) et le prix. Le fonio qui est vendu au détail 20 FF/kg (fonio blanc lavé) et 22 FF/kg (précuit) est considéré comme un produit cher.

La demande actuelle a été estimée à 327 tonnes par an pour la France et à 534 tonnes pour un ensemble de 5 pays européens (France, Royaume Uni, Espagne, Portugal et Belgique).

Au niveau de la distribution

L'enquête réalisée auprès de 16 distributeurs à Paris et à Montpellier montre que la plupart d'entre eux commercialisent du fonio. Même si la demande reste "moyenne", il semble qu'il y ait une forte augmentation des ventes pendant le Ramadan. Le fonio précuit, dont la qualité est jugée "très bonne" est de plus en plus recherché mais il est peu présent sur le marché car les distributeurs ne parviennent pas à s'en procurer.

Le fonio blanchi et lavé reste prédominant. Les distributeurs s'approvisionnent par sac de 50 kg à 70 kg qu'ils conditionnent ensuite en sachets de 1 kg. Le caractère rudimentaire de l'emballage habituellement utilisé (sachet plastique fermé par un élastique) contribue à donner une mauvaise image du produit.

La quantité totale de fonio mise en marché en France est de 266 tonnes. Le fonio importé proviendrait essentiellement du Mali et dans une moindre mesure de la Guinée. Les circuits d'approvisionnement sont de type informel et il est très difficile d'identifier l'origine exacte des produits. Quelques opérateurs locaux ont pu être identifiés au Mali (UCODAL-COGETRAM) et au Sénégal (NUTRISEN - GIE TCL - LA VIVRIERE) mais on ne dispose pas encore d'informations précises pour le Burkina et pour la Guinée.

A l'issue de cette étude, la Société RACINES souhaite importer du fonio pour le proposer à ses partenaires commerciaux. Les résultats des enquêtes qu'elle a menées lui ont permis de vérifier que le fonio est un produit porteur au même titre que la semoule de mil, la semoule de maïs et la farine de manioc. Une première commande de 12 tonnes de fonio précuit doit être passée prochainement à la Société UCODAL de Bamako.

2.16.2. Identification des sociétés locales exportatrices de fonio

Des entretiens conduits auprès de gérants de sociétés exportatrices de fonio (déjà identifiés dans le cadre de l'activité 8) doivent permettre d'évaluer les possibilités offertes sur les différents marchés d'exportation et d'identifier les contraintes rencontrées par ces sociétés pour le développement des exportations de fonio.

Un guide d'entretien a été élaboré lors de la réunion de Bamako. Les partenaires du projet ont proposé que localement, cette activité soit regroupée avec l'activité n° 8 d'étude des circuits de commercialisation.

2.17. Réunion de coordination n°3 au Burkina Faso

La troisième réunion annuelle de coordination du projet aura lieu à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) du 22 au 26 octobre 2001. Organisée par l'IRSAT, elle permettra de faire le point de l'ensemble des activités déjà réalisées, de programmer les activités et les budgets pour l'année 3 et de préparer la mission d'évaluation à mi-parcours du projet.

III) ACTIVITE PARTICULIERE : "FONIO ET DIABETE"

Pour compléter l'étude sur les technologies post-récolte du fonio, une recherche a été initiée par le CIRAD concernant la problématique «fonio et diabète». Cette étude a été menée à Bamako (Mali) en 2000 et en 2001 avec l'appui d'étudiants en nutrition de l'Université de Montpellier 2.¹⁹ Elle s'est déroulée au CIRAD - Mali en étroite collaboration avec le Dr. Ag Bendesh (HKI), les Professeurs Niantao et Boukenem (Centre des diabétiques de Bamako) et le Laboratoire de Technologie Alimentaire de l'IER.

3.1. Etude réalisée en 2000

3.1.1. Rappel sur l'importance du diabète

Le diabète sucré

Chez le sujet sain lors de la digestion (1) la glycémie augmente (2). Le pancréas sécrète de l'insuline (3) qui permet aux cellules d'assimiler le glucose. L'insuline contribue à la formation d'une substance énergétique le glycogène (emmagasiné dans le foie et les muscles) à partir du glucose (4). L'insulinosecretion provoque la chute du taux de sucre dans le sang. En retour le pancréas produit moins d'insuline.

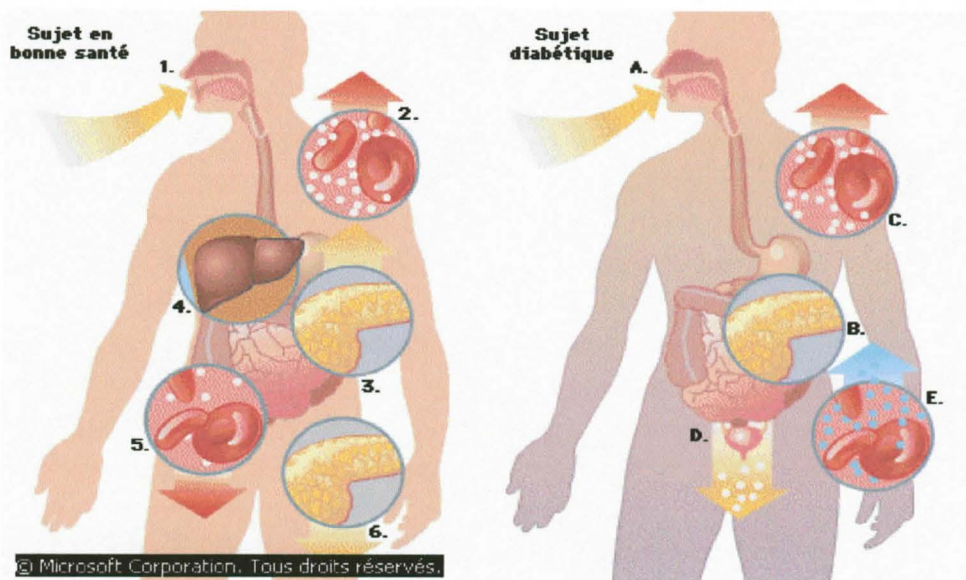


Fig. 19 : Schéma des manifestations du diabète (d'après Microsoft Encarta 2000)

Chez un sujet atteint de diabète sucré lors de la digestion la glycémie augmente fortement (A). Chez un diabétique soit le pancréas ne sécrète pas assez d'insuline (diabète de type 1 soit 10% des diabétiques), soit la sécrétion est correcte mais l'organisme s'avère incapable d'utiliser correctement l'insuline (diabète de type 2). Si le pancréas ne peut sécréter suffisamment d'insuline (B) ou que celle-ci est pas utilisée par l'organisme, on aboutit à un taux élevé de sucre dans le sang (C) et les urines (D). Le glucose, ne pouvant pénétrer dans les cellules, circule librement dans l'organisme sans être métabolisé. Des substances toxiques, appelées cétones, se forment et peuvent s'accumuler dans le sang (E).

¹⁹ En 2000, M. Stéphane Besançon : DESS de Nutrition et Alimentation dans les Pays en voie de Développement. En 2001, M. Christophe Rossignol : DESS de Nutrition et Alimentation dans les Pays en voie de Développement

Importance du diabète sucré

Le diabète est aujourd'hui une cause importante d'incapacité et de décès dans le monde. D'après l'OMS²⁰, le nombre de personnes atteintes était de 30 millions en 1985, 135 millions en 1995. Aujourd'hui, il pourrait être de 150 millions et atteindre 300 millions en 2025. Cette maladie qui a déjà frappé ou frappe encore les pays développés (USA 15 M, Russie 9,5 M, Japon 7 M, Ukraine 3,8M et Italie 3,5M) pourrait, à terme, connaître une forte croissance dans les pays en Développement. On prévoit pour 2025 plus 57 M de personnes atteintes en Inde, 37 M en Chine, et plus de 4,5 M en Afrique (le Nigeria, l'Ethiopie et le Kenya restant les pays les plus touchés).

L'accroissement important du diabète de type 2 est, en grande partie, du aux modifications des habitudes alimentaires liées au phénomène d'urbanisation. La maladie est étroitement associée aux problèmes de surpoids²¹.

Le coût du diabète est très important puisqu'il représente près de 8 % des budgets de santé dans les pays développés et les conséquences pour les patients peuvent être graves (2 % cécité, 10% lésions oculaires graves, 0,25% amputations pour nécroses, 10% pathologie rénale nécessitant des dialyses)

3.1.2. Intérêt du fonio dans l'alimentation des diabétiques

En Afrique de l'Ouest, il est coutume de dire que le fonio est un aliment pour diabétiques. Le CIRAD a initié cette étude pour essayer d'en cerner les principales raisons.

D'après les analyses réalisées dans les laboratoires du CIRAD à Montpellier (voir § 2.4.2.), l'intérêt du fonio dans le traitement alimentaire serait dû aux caractéristiques suivantes :

- faible teneur en sucres rapides (0.06 % matière sèche),
- forte teneur en amidon (91 % m.s.),
- une forte teneur en amylose (28.5 % m.s.).
- faible apport protéique (7.5 % m.s.)
- meilleur équilibre en acides aminés essentiels que les autres céréales.
- richesse en acides aminés soufrés et insulinosécréteurs : Val, Leu, Ile (10 % de plus que le riz)
- quantité importante de fibres et peu de facteurs antinutritionnels (ce qui peut expliquer que le fonio présente une très bonne digestibilité)

Au cours de l'étude, les index glycémiques du riz et du fonio ont été comparés. Les premières mesures faites sur des patients diabétiques à Bamako ont montré que l'index glycémique du fonio blanc est plus faible que celui du riz blanc.

3.2. Activité menée en 2001

En 2001, l'activité a été focalisée sur la comparaison des index glycémiques du fonio et des autres céréales et sur l'étude des glycémies postprandiales après ingestion de différents plats traditionnels du Mali.

3.2.1. Etude des index glycémiques du fonio et des autres céréales consommées au Mali

Méthodologie

Cette étude a eu pour objet de classer les différentes céréales selon leur effet hyperglycémiant. Elle a été réalisée en faisant consommer à 24 sujets sains des bouillies à base de fonio, de riz, de sorgho et de maïs à une ration équivalent à 25 g de glucides. La référence étant l'ingestion de 50 g de pain blanc. La mesure de la glycémie postprandiale a été réalisée par la méthode glucose oxydase

²⁰ OMS : Organisation Mondiale de la Santé

²¹ Un indice de masse corporelle (IMC) a été défini pour quantifier le surpoids et l'obésité.

IMC = Poids (en kg) / taille² (m²). Il y a surpoids si IMC \geq 25 kg/m² et obésité si IMC \geq 30 kg/m²

Définition de l'index glycémique

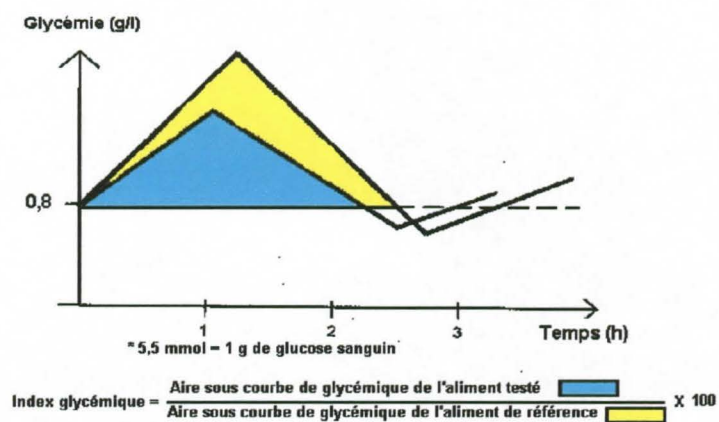


Fig. 20 Définition de l'index glycémique (FAO/WHO)

Résultats

L'évolution des glycémies après ingestion des différentes bouillies est représentée dans le graphe suivant

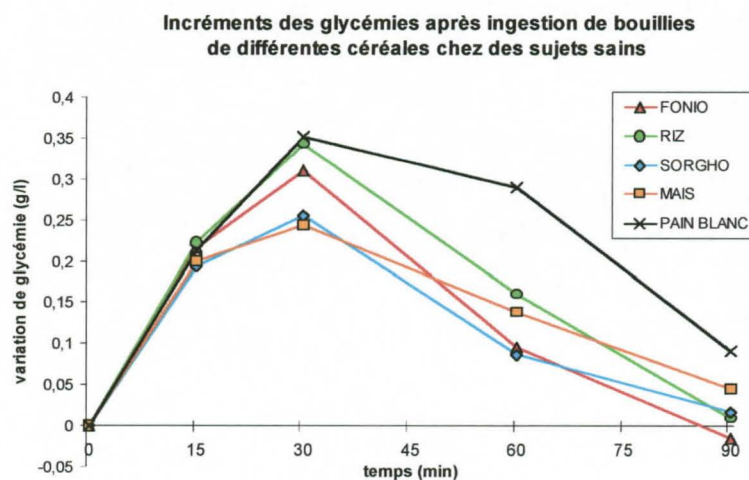


Fig. 21 Evolution des glycémies après ingestion de différentes céréales

La comparaison des index glycémiques des différentes céréales est donnée en figure 22

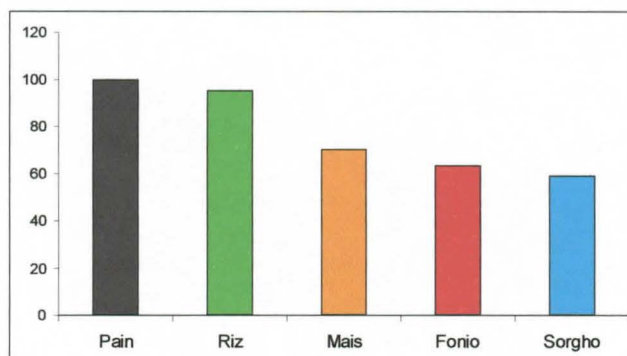


Fig. 22 Comparaison des index glycémiques des différentes céréales

L'index glycémique du fonio est plus faible que celui du riz blanc malien (variété BG) mais reste comparable aux autres céréales que sont le maïs jaune et le sorgho blanc.

3.2.2. Etude des glycémies postprandiales de diabétiques après ingestion de différents plats traditionnels du Mali

L'objectif de l'étude est de comparer l'influence de différents plats africains sur le contrôle glycémique des diabétiques. Elle a été réalisée avec la collaboration de 14 volontaires diabétiques qui ont consommé des rations mesurées de couscous de fonio sauce légumes (*fonio nadji*), de riz sauce légumes (*riz nadji*), de bouillie de maïs avec du lait (*seri maïs*) et de bouillie de sorgho (*moni sorgho*)

Résultats

L'évolution des glycémies après ingestion de différents plats et la comparaison des "aires sous la courbe" de variation glycémique sont données dans les graphes suivants

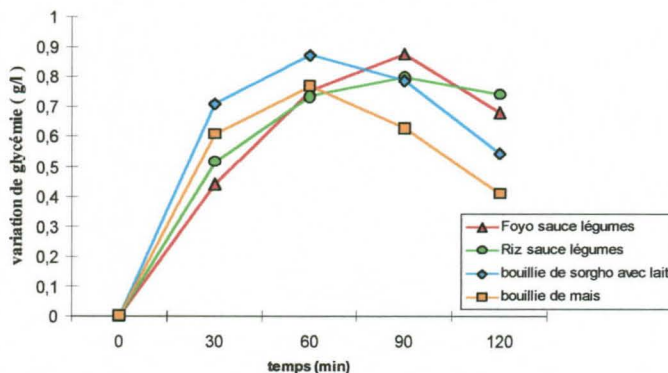


Fig. 23 Evolution des glycémies (repas traditionnels)

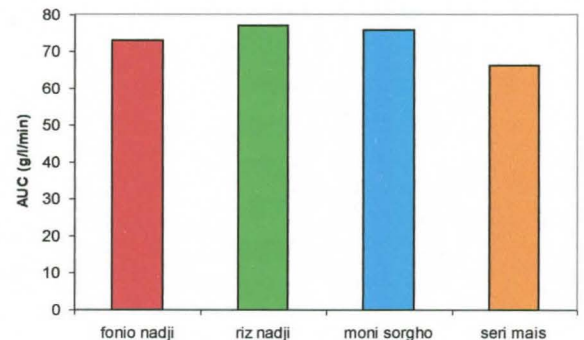


Fig. 24 Pouvoirs glycémiant comparés

L'élévation de la glycémie jusqu'à 60 minutes après l'ingestion du riz vapeur en sauce et du couscous de fonio ne diffère pas de manière significative. Le couscous de fonio produit néanmoins un pic glycémique plus élevé que le riz en sauce, à 90 minutes, mais amorce une baisse plus rapide dans la deuxième phase postprandiale.

Le fonio préparé en couscous ne se révèle pas sensiblement meilleur, à court terme, pour le contrôle de la glycémie que les autres plats couramment consommés au Mali. Les résultats doivent cependant être nuancés car les apports glucidiques des différents plats ne sont pas équivalents et leurs effets hyperglycémiant ne sont pas strictement comparables.

En conclusion, les premiers résultats obtenus montrent que le fonio ne se distingue pas réellement des autres céréales quant à son effet dans le traitement du diabète. Mais une enquête réalisée à Bamako auprès de 88 personnes diabétiques montre néanmoins son action préventive dans l'apparition des complications liées au diabète. Des recherches plus approfondies seraient à entreprendre pour mieux cerner l'intérêt thérapeutique ou même simplement diététique du fonio.

CONCLUSIONS

Les nombreuses activités développées depuis le début du projet ont permis de mieux connaître le produit fonio (composition, variétés, consommation, ..), de dresser un diagnostic des pratiques paysannes et artisanales mises en œuvre dans les différents pays et d'étudier et sélectionner des équipements ou des principes techniques susceptibles d'améliorer les technologies post-récolte.

La seconde phase du projet concernera davantage la transmission des connaissances acquises (information des acteurs, formation des opérateurs), la réalisation et la diffusion d'équipements fabriqués localement et la promotion du fonio sur le marché local ou à l'exportation. Enfin, on cherchera également à étendre le projet à d'autres pays producteurs de fonio (Sénégal, Cote d'Ivoire, Bénin,....)

ANNEXES

Annexe 1

Liste des rapports édités au cours de l'année 2

CRUZ J.F., DRAME D., THAUNAY P. 2000. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Essais des équipements de transformation au Mali. Rapport intermédiaire n°1-7/00. IER, CIRAD Bamako. Mali. 14p + annexes

TROUDE F., CRUZ J.F., MAROUZE C. 2000. Compte-rendu de la réunion de coordination N° 2 à Labé Guinée. Juin 2000. CIRAD. Montpellier. France. 21 p + annexes.

MAROUZE C. 2000. Etude des équipements existants susceptibles d'être appliqués à la transformation du fonio. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n°6 : Inventaire des principes de décorticage-blanchiment, de séparation et de battage. CIRAD/AMIS n°58/00. Montpellier. France. Octobre 2000. 30 p + annexes.

MAROUZE C., BUFFETAUD B. 2000. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n° 13: Amélioration et conception d'équipement. Nettoyage à sec des graines de fonio. Etude de principe de nettoyage. CIRAD/AMIS n°60/00. Montpellier. France. Octobre 2000. 19 p + annexes.

RICO V. 2000. Valorisation et intérêt nutritionnel du fonio au Mali. DESS Nutrition et Alimentation en PVD - Université de Montpellier II. IER/CIRAD. Bamako. Mali. Octobre 2000. 60p + annexes.

BESANCON S. 2000. Etude de l'influence de la consommation de fonio dans le traitement du diabète sucré au Mali DESS Nutrition et Alimentation en PVD - Université de Montpellier II. CIRAD. Bamako. Mali. Octobre 2000. 74p + annexes.

LOUA F.J., KOUYATE S., SAKHO S. 2000. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n° 7. Essais-évaluation des équipements existants. IRAG. Bareng. Guinée. Novembre 2000. 25p.

MAROUZE C., JOUVE A.G., THAUNAY P. 2000. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n° 13: Amélioration et conception d'équipement. Décorticage du fonio. Etude du décorticage avec le matériel « Votex » de type « Engelberg ». CIRAD/AMIS n°63/00. Montpellier. France. Novembre 2000.

MAROUZE C., BUFFETAUD B. 2000. Etude du lavage du fonio. Etude des principes permettant une mécanisation des opérations. CIRAD-AMIS, n° 64/00. Montpellier. France. Novembre 2000. 15 p.

NDIAYE J.L. 2000. Compte –rendu de l'atelier de Bamako sur les enquêtes socio-économiques du projet « Amélioration des technologies post-récolte du fonio ». CIRAD/AMIS n° 71-2000. Montpellier. France. Décembre 2000. 25p + annexes.

TROUDE F., MAROUZE C., CRUZ J.F. 2000. Rapport de la réunion « équipements » de Bamako. Projet CFC/IGG (FIGG/02). Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD. Bamako. Mali. Décembre 2000. 10p + annexes.

DIALLO T.A. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Rapport semestriel d'activité. IRAG. Bareng. Guinée. Janvier 2001.

SON G., DIAWARA B., KAMBOU S.M., TRAORE Z., WEREME A. KARIMOU R. KONCOBO C. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Rapport semestriel d'activité. IRSAT. Ouagadougou. Burkina Faso. Février 2001. 24p + annexes.

DRAME D. 2001. . Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Etat d'avancement des activités. IER. Bamako. Mali. Février 2001.

CRUZ J.F., DRAME D., DIALLO T.A., SON G. 2001. Rapport Semestriel des activités (juillet 2000 à janvier 2001) n°3/01. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. CIRAD-Bamako. Mali. 20p + annexes

CHALOUB Y. 2001. Etude de la consommation de fonio au sein des ménages à Conakry. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. IRAG. Bareng. Guinée. 13 p. + annexes.

LOUA F., KOUYATE S., SAKHO S. DIALLO T.A. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Rapport d'étape Activité n° 14 : Essai des matériels au stade pilote - Décortiqueur CCIEC petit modèle et Batteuse ASSI. IRAG. Bareng. Guinée. 19 p.

FLIEDEL G. BERTHE A. OUATTARA. L. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Analyse des caractéristiques technologiques du fonio. CIRAD. Montpellier. France.

BANGOURA S., SIDIBE B., CALANDRE N., BRICAS N. 2001. Identification et test des emballages alimentaires disponibles en Guinée. IRAG. CIRAD. 15 p + annexes.

SEIGE C. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n° 13: Amélioration et conception d'équipement. Etude et validations de principes de nettoyage à sec de graines. CIRAD/AMIS n°62/2001. Montpellier. France. Juin 2001. 47 p + annexes.

MAROUZE C., ODINOT A. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Activité n° 13: Amélioration et conception d'équipement. Recherche et validation de principes permettant le lavage et l'épierrage du fonio. CIRAD/AMIS n°61/2001. Montpellier. France. Juin 2001. 38 p + annexes.

DIALLO T.A. 2001. Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Catalogage des variétés de fonio. Rapport d'étape sur l'activité n°3. IRAG. Bareng. Guinée. 3p + annexe

DRAME D. 2001. . Projet CFC/IGG – (FIGG/02) : Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Rapport annuel. IER. Bamako. Mali. 14p.

CRUZ J.F. 2001. Le fonio. CIRAD. Département de Cultures Annuelles. Montpellier. France. 23 p.

ROSSIGNOL C. 2001. Etude des potentiels préventifs et thérapeutiques du fonio pour les diabétiques. DESS Nutrition et Alimentation en PVD - Université de Montpellier II. CIRAD. Bamako. Mali. 33p.

RACINES. 2001. Etude sur le marché actuel et potentiel du fonio en Europe. Parc Scientifique Agropolis. Montpellier . France. 46p. + annexes

Annexe 2

Protocoles de coloration des échantillons et de comptage manuel

I) Coloration des échantillons

Préparation du colorant Bleu de méthylène – éosine :

Bleu de méthylène	0,5 g
Eosine	0,5 g
Ethanol	100 ml

- Verser les colorants dans une fiole jaugée de 100 ml et compléter au trait de jauge avec l'alcool;
- Agiter toute la nuit pour dissoudre les colorants et homogénéiser la solution ;
- Filtrer la solution le lendemain sur papier filtre ;
- Diluer à 1/3 la solution dans l'éthanol

.Coloration des échantillons de fonio

- Préparation préalable des solutions diluées d'éthanol à : 75%, 50% et 25%
- Peser 0.5 g d'échantillon de fonio dans une coupelle
- Immerger l'échantillon dans la solution d'éthanol pur pendant 1 min.
- Égoutter puis immerger le même échantillon dans le colorant pendant 1 min
- Mettre successivement l'échantillon dans les solutions alcooliques à 75%, 50% et 25% d'éthanol pendant 1 min pour chacune des trois solutions.
- Laver, pendant 1 min , l'échantillon dans l'eau distillée
- Sécher l'échantillon au soleil (ou à l'étuve à 70° pendant 10 min).

L'échantillon est prêt à être observé à la loupe binoculaire et à subir l'analyse d'images.

La prise de photos est prévue pour établir une échelle de références donnant le degré d'usinage en fonction des variations de couleur.

<i>Valeur dans l'échelle</i>	<i>Degré d'usinage</i>	<i>Coloration</i>
1	Bien Blanchi	Tout Rose
2	Assez bien blanchi	Rose et peu de bleu
3	Moyennement blanchi	Mélange rose et bleu
4	Mal blanchi	Bleu et vert
5	Mal décortiqué, non blanchi	Vert

II) Comptage manuel :

Il s'agit de déterminer le nombre de grains non décortiqués (paddy) dans un échantillon de fonio usiné. L'échantillon est au préalable lavé (sans perdre de paddy) et séché en vu de faciliter le triage.

Les différentes étapes de la procédure expérimentale sont celles déjà décrites dans le premier rapport. Les modifications concernent l'échantillonnage.

Le protocole est le suivant :

- Constituer à partir de l'échantillon mère un sous-échantillon de 0.50 à 1.0 g, le plus représentatif possible, moyennant un diviseur d'échantillons ou par la méthode des quartiles (cf. annexe) ;

- Procéder à la séparation des grains non décortiqués en s'aidant d'une loupe et d'une spatule lors du triage ;
- Compter le nombre de grains non décortiqués ;
- Calculer le taux de paddy en se référant au poids de 1000 grains paddy et à celui de la prise d'essai. Les formules ci-dessous peuvent être utilisées pour connaître les proportions de grains non décortiqués et de grains blanchis de l'échantillon :

Soient :

- P0 = prise d'essai en gramme
- N = nombre de grains non décortiqués contenus dans P0
- Pnd = poids des grains non décortiqués ou poids des paddy comptés
- PMGp = poids de 1000 grains Paddy

Le pourcentage de paddy (% Paddy) contenu dans la prise d'essai est :

$$\% \text{ Paddy} = \frac{\text{Poids des grains non décortiqués Pnd}}{\text{Prise d'essai P0}} \times 100$$

$$Pnd = \frac{N * PMGp}{1000} \quad \text{car 1000 grains correspondent à PMGp et } N \text{ correspond à Pnd}$$

D'où la formule suivante :

$$\% \text{ Paddy} = \frac{N * PMGp}{10 * P0} \quad \text{en nombre de grains non décortiqués pour 100gr de fonio usiné}$$

Le taux d'usinage (taux de décortilage/blanchiment) de l'échantillon est :

$$\text{Taux d'usinage} = 100 - \% \text{ Paddy}$$

- Faire trois déterminations et noter leur moyenne

III) Détermination du taux de brisures :

Cette détermination est effectuée par tamisage manuel ou mécanique. Pour standardiser l'opération, l'IER et le CIRAD ont convenu d'utiliser un seul tamis de 500 µm au lieu des 2 tamis de 600 µm et 425 µm précédemment préconisés.

Protocole

Nettoyer le tamis et fond réceptacle puis tarer-les

- 1- Nettoyer (vannage, essuyage) l'échantillon au besoin ;
- 2- Prélever un échantillon représentatif de 30g de grains usinés et verser dans le tamis de 500 µm superposé sur le réceptacle ;
- 3- Tamiser l'échantillon, manuellement ou à l'aide d'un tamiseur mécanique, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de transfert de grains du tamis vers le réceptacle.
- 4- Peser la fraction retenue par le tamis ou le passant collecté dans le réceptacle.
- 5- Calculer le taux de brisures comme étant le poids du passant au tamis de 500 µm rapporté à 100 g de poids initial.

Annexe 3

Isotherme d'adsorption du fonio

Réalisation d'une isotherme d'adsorption du fonio

Olivier GIBERT (CIRAD/AMIS/PAA - Montpellier)

Introduction

La réalisation d'isothermes de sorption (adsorption et désorption) a pour objectif de connaître la répartition et l'intensité des liaisons de l'eau ainsi que sa disponibilité dans les matériaux biologiques.

L'isotherme de sorption se définit comme la relation entre l'humidité d'équilibre du produit et l'activité de l'eau à une température donnée. Ce type de relation est essentiel pour la compréhension des propriétés de sorption des aliments, en particulier pour choisir un emballage et prédire la stabilité et les variations potentielles de teneur en eau pendant le stockage.

Objectif

L'objectif de cette expérimentation est la détermination d'une isotherme d'adsorption d'un échantillon de fonio paddy de la variété guinéenne Kenselen à 30°C. Par lissage à l'aide du modèle GAB, on obtient les constantes caractéristiques du matériau en adsorption.

Matériel et méthode

Un échantillon finement broyé et tamisé au Laboratoire de Technologie des Céréales du CIRAD a été pré-séché en cristalliseur en présence de penta-oxyde di-phosphore (P₂O₅) pendant 19 jours à température ambiante. Dans ces conditions, la prise d'essai doit posséder une teneur en eau inférieure à 1% et ne présenter aucune altération chimique ou structurale. En présence de solutions salines saturées (HR constante) en bocaux selon les préconisations du groupe COST-91 et 91bis (Groupe Activité de l'eau de l'Union Européenne – Coopération Européenne dans la discipline Scientifique et de la Recherche Technique), les échantillons ont été conditionnés en boîtes à tare (3 répétitions par aw) et disposés dans un banc thermostaté à 30°C. Les bocaux ont été au préalable mis sous vide partiel de façon à accélérer l'équilibre de pression de vapeur avec l'ambiance.

A l'issue de la phase d'équilibrage, les boîtes à tare sont pesées et étuvées durant 24 heures à 104°C jusqu'à poids constant.

Les valeurs expérimentales de teneur en eau en base sèche sont reliées à l'activité de l'eau imposée par les solutions salines à l'aide du model GAB qui fournit l'équation caractéristique pour la description de l'isotherme jusqu'à 90% HR(1).

$$\frac{Aw}{X} = \alpha \cdot aw^2 + \beta \cdot aw + \gamma \quad (1)$$

Avec :

$$\alpha = \frac{K}{X_m} \cdot \left(\frac{1}{C} - 1 \right) ; \quad \beta = \frac{1}{X_m} \cdot \left(1 - \frac{2}{C} \right) ; \quad \gamma = \frac{1}{X_m \cdot K \cdot C}$$

Où :

X : teneur en eau (% base sèche) ;

X_m : Monocouche – teneur en eau correspondant à l'occupation de tous les sites primaires d'adsorption par molécule d'eau ;

K : facteur de correction pour les multicouches moléculaires ;

C : Constante de Guggenheim.

Résultats et interprétation

Les teneurs en eau d'équilibre (% bs) obtenues à 30°C sont données dans le tableau ci-dessous

Tableau 1. Teneurs en eau du fonio paddy variété Kenselen à 30°C

Activité de l'eau (30°C)	Teneur en eau (%bs)	Ecart type (%bs)
0.1115	4.6999	0.0984
0.226	6.5080	0.0980
0.3273	8.1314	0.0790
0.4386	9.7325	0.1597
0.577	11.6610	0.0289
0.7083	14.8433	0.5624
0.7532	16.2551	0.2163
0.8432	19.0550	0.0550
0.9086	22.3631	0.2554

Les données expérimentales ont été lissées par le modèle GAB. Les coefficients du modèle ont été calculés par régression non linéaire et sont exprimés dans le tableau 2.

Tableau 2. Constantes du modèle GAB et coefficients estimés

Température d'équilibre 30°C	
Coefficients de régression GAB estimés	
$\alpha * 10$	-0.4536
$\beta * 10$	1.2007
$\gamma * 10$	11.7450
Moyenne des carrés des écarts (%)	0.0171
Constantes GAB	
Teneur en eau de monocouche (Xm)	7.258
Constante de Guggenheim	15.557
Facteur de correction K	0.754

L'écart type entre les valeurs du modèle et les valeurs expérimentales est de 0.14% bs. Le modèle GAB est parfaitement adapté pour lisser les points expérimentaux. L'isotherme caractéristique du fonio paddy à 30°C est donnée en Figure 1

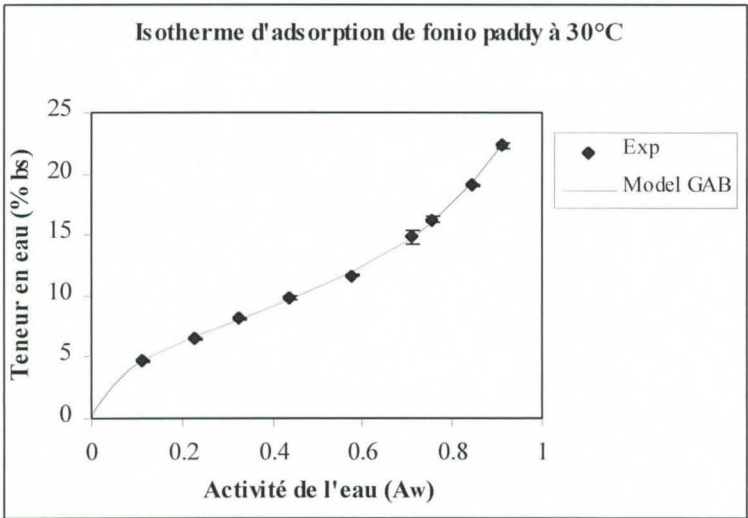


Figure : Isotherme d’adsorption du fonio paddy (variété Kenselen) à 30°C

Annexe n°4

Recettes à base de fonio

Recette :

Fonio à la volée

Informations générales

Pays	Mali
Région	
Nom Traditionnel	
Type de plat	Hors d'oeuvre
Forme	Salade
Consommation	Midi (entrée)
Temps de préparation	5 mn de préparation si le fonio est déjà précuit
Temps de cuisson	
Niveau de difficulté	facile
Source	Mme MARIKO

Ingrédients

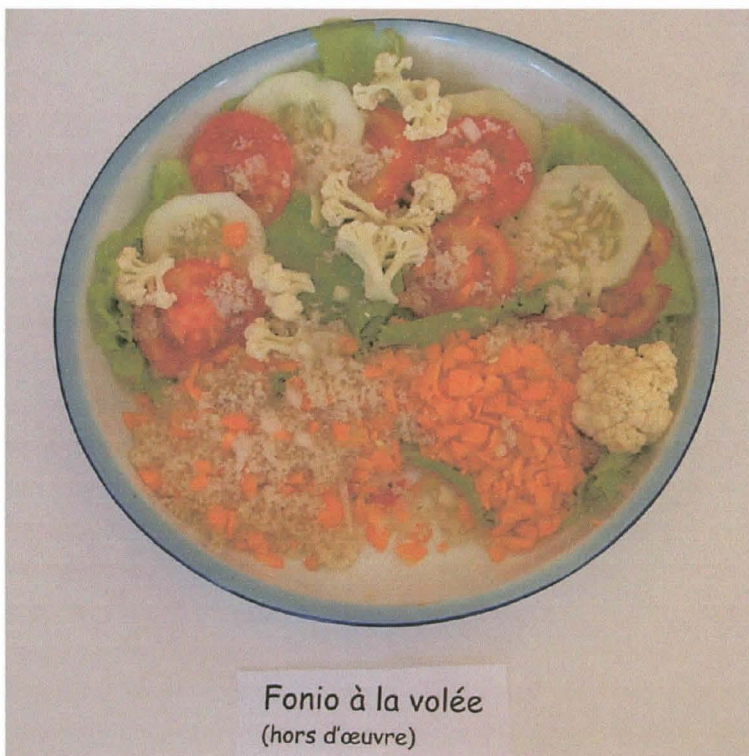
Salade
Crudités
Sauce vinaigrette
Sel

Préparations associées

Ustensiles

Préparation

On fait accompagner les crudités et/ou la salade avec du fonio précuit assaisonné avec une sauce vinaigrette.



Fonio à la volée
(hors d'œuvre)

Recette :

Tô de fonio

Informations générales

Pays	Mali
Région	
Nom Traditionnel	Fini tô
Type de plat	Plat principal
Forme	Pâte ou bouillie épaisse
Consommation	Midi ou soir
Temps de préparation	
Temps de cuisson	20 mn après ébullition de l'eau
Niveau de difficulté	

Source

Ingrédients

Farine de fonio
Eau
Pincée de potasse (facultatif)

Préparations associées

Le tô se mange avec une sauce tomate ou aux feuilles ou une sauce gombo

Ustensiles

Préparation

Pour 2 à 5 personnes : 1 kg de farine.

Dans un récipient, on mélange de la farine de fonio avec de l'eau jusqu'à obtenir une pâte liquide. On verse ensuite cette pâte dans l'eau bouillante et on malaxe vigoureusement. On couvre et on laisse cuire à feu très doux pendant 5 mn.

NB : Pour assurer une meilleure conservation, on ajoute une pincée de potasse à la pâte liquide.



Recette :**DEGUE de FONIO****Informations générales**

Pays	Mali
Région	Bamanan (zone de Kolokani)
Nom Traditionnel	Finis Dégué
Type de plat	Accompagnement
Forme	Pâte ou bouillie épaisse
Consommation	Plat du soir ou événements sociaux (baptême, mariage,...)
Temps de préparation	20 mn pour faire les granules
Temps de cuisson	30 mn de passage à la vapeur
Niveau de difficulté	facile
Source	Mme MARIKO

Ingédients

farine de fonio (3 kg)
farine de patate douce (250g)
arôme : muscade (1 noix) ou autre
sel
beurre
eau (4l)
lait caillé (ou yaourt)
sucre

Préparations associées**Ustensiles**

Couscoussier

Préparation

On confectionne des granules avec de la farine de fonio aromatisée avec des arômes alimentaires, du sel, et de la farine de patate douce. On fait passer les granules à la vapeur dans un couscoussier. Après cuisson on casse les mottes et on ajoute un peu de beurre. On malaxe bien tout en ajoutant un peu d'eau puis on laisse reposer. On ajoute enfin du lait caillé (ou du yaourt) et on sucre à volonté.



Recette :**Bamanan Dégué****Informations générales**

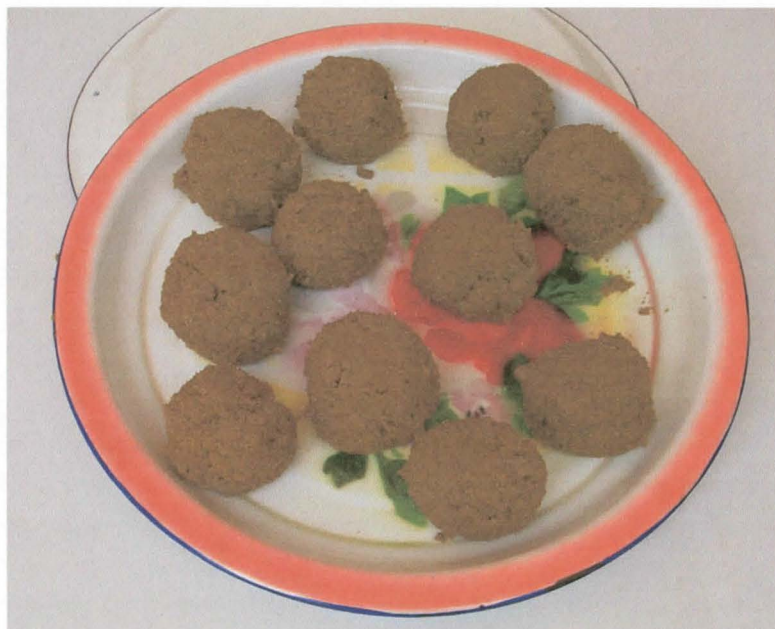
Pays	Mali
Région	Sikasso
Nom Traditionnel	Bamanan Dégué
Type de plat	Dessert
Forme	Boulettes de pâtes
Consommation	
Temps de préparation	Durée de fermentation de 12 à 24 h selon le temps
Temps de cuisson	Cuisson de la farine de mil à la vapeur
Niveau de difficulté	

Source**Ingrédients**

Plat à base de mil, le fonio rentre dans la recette comme simple ingrédient
Farine de mil (1 kg)
Fonio (500 g)
Farine de patate (250 g)
Malt de mil (500 g)
Eau
Lait caillé ou yaourt
Sucre

Préparations associées**Ustensiles****Préparation**

On fait passer à la vapeur la farine de mil humide. Après cuisson, on ajoute un peu d'eau et on malaxe bien. On étale ensuite le couscous de mil en couches en intercalant des couches de farine de fonio, de farine de patate et de malt. On couvre et on laisse fermenter de 12 à 24h selon les conditions ambiantes. Après fermentation, le tout est sucré à volonté puis bien malaxé pour confectionner des boules. Le plat se mange avec du lait caillé ou du yaourt.



Recette :

BEIGNET de FONIO

Informations générales

Pays	Mali
Région	Sénoufo, Minianka, Bamanan (zone de Kolokani)
Nom Traditionnel	
Type de plat	Sucrierie
Forme	Beignets
Consommation	Repas du matin ou hors repas
Temps de préparation	20 mn pour la bouillie
Temps de cuisson	20 mn pour la friture
Niveau de difficulté	facile
Source	Mme MARIKO

Ingrédients

Fonio grain
Farine de fonio
Farine de patate
Sucre
Huile

Préparations associées

Ustensiles

Moule à beignets

Préparation

On prépare une bouillie (Sari) avec 100g de fonio grain. Puis on mélange la bouillie avec 100 g de farine de patate et 250g de farine de fonio. On malaxe bien le mélange et on sucre à volonté. On laisse reposer 4 à 6 heures.
Puis on frit à l'huile par louchées pour faire les beignets.



Annexe n°5

Liste des principales personnes impliquées dans le projet

Liste indicative¹

Mali

IER Laboratoire de Technologie Alimentaire

- DRAME Djibril : Coordonnateur National
- BERTHE Aïssata BENGALY : nutritionniste

IER Economie des Filières

- KERGNA Alpha Oumar: agro-économiste
- Mlle DEMBELE Fatoumata : socio-économiste

CMDT

- TRAORE Moussa : Formateur machiniste

CIRAD

- CRUZ Jean-François : Coordonnateur Régional

Guinée

IRAG

- DIALLO Thierno Alimou: Coordonnateur National
- SOW Abdoulaye : sélectionneur
- SAKHO Souleymane : agro machiniste
- CHALOUB Youness : responsable de l'équipe "recherche-système"
- DIALLO Saïdou : sociologue
- BARRY Bailo : agro-pédologue

DNA

- KOUYATE Souraghata : agro-mécanicien
- LOUA Francis : agro-mécanicien

Burkina

IRSAT Division Mécanisation

- SON Gouyahali : Coordonnateur National
- KAMBOU Sié Mathieu : agro-mécanicien
- TRAORE Zoumani : agro-mécanicien
- Mme SOME Delphine : économiste

IRSAT Division Technologie Alimentaire

- M. DIAWARA Bréhima : Directeur des Programmes de l'IRSAT
- Mme KONCOBO-YAMEOGO Charlotte : sociologue,
- M. KARIMOU Rachidi : économiste

IRSAT Division Energie

- M. WEREME A : spécialiste séchage

INERA

- M. DA Sansan : Chef programme Céréales Traditionnelles

France

CIRAD/CA

- M. TROUDE Francis : Coordonnateur Principal
- Mme FLIEDEL Geneviève : technologue

CIRAD/AMIS/GPE

- M. MEOT Jean-Michel : spécialiste séchage, Responsable de l'équipe
- M. MAROUZE Claude : agro-mécanicien
- M. THAUNAY Patrice : bureau d'études

CIRAD/AMIS/SEA

- M. BRICAS Nicolas : Spécialiste études consommation. Responsable de l'équipe
- M. NDIAYE Jean-Luc : géographe

^{1 1} Liste non exhaustive étant données les nombreuses collaborations temporaires possibles



COMMON FUND FOR COMMODITIES
P.O.Box 74656
1070BR Amsterdam – The NETHERLANDS
Email : andrey.kuleshov@common-fund.org



**FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION
of the UNITED NATIONS**
Viale delle Terme di Caracalla
1-00100 Rome - ITALIE



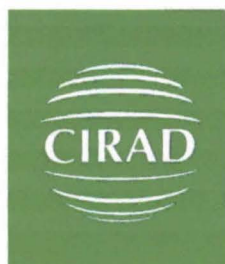
INSTITUT D'ECONOMIE RURALE
B.P. 258 - Bamako – MALI
Laboratoire de Technologie Alimentaire
Coordonnateur National du projet: DRAME Djibril
Tél : (223) 24 18 29 ; Fax : (223) 22 37 75
Email : djibril.drame@ier.ml



INSTITUT DE RECHERCHE AGRONOMIQUE DE GUINEE
B.P. 576 - Conakry - GUINEE
Centre de Recherche Agronomique de Bareng
Coordonnateur National du projet : DIALLO Thierno Alimou
Tél : (224) 52 62 87 ; Fax : (224) 42 57 58
Email : irag@mirinet.net.gn



**INSTITUT DE RECHERCHES EN SCIENCES APPLIQUEES
ET TECHNOLOGIES**
BP 7047 – Ouagadougou – BURKINA FASO
Département Mécanisation
Coordonnateur National du projet: SON Gouyahali
Tél (226) 31 33 70 ; Fax (226) 31 53 21
Email : dm@fasonet.bf



**CENTRE DE COOPERATION INTERNATIONALE EN
RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT**
Coordonnateur Général du projet : TROUDE Francis
CIRAD, 34398 Montpellier Cedex 5 France (Email : francis.troude@cirad.fr)
Coordonnateur Régional du projet : CRUZ Jean-François
CIRAD/Mali BP 1813 Bamako Mali (Email : jean-francois.cruz@cirad.fr)